



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,  
Canales y Puertos

Estudio para la implementación de un parque eólico en la  
Comunidad Valenciana

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

AUTOR/A: Jiménez Rollón, Ángela

Tutor/a: Camacho Torregrosa, Francisco Javier

Cotutor/a: Solera Solera, Abel

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

# **Estudio para la implementación de un parque eólico en la Comunidad Valenciana**

**ÁNGELA JIMÉNEZ ROLLÓN**

Autora

**FRANCISCO JAVIER CAMACHO  
TORREGROSA**

Tutor

**ABEL SOLERA SOLERA**

Cotutor

Febrero de 2023



## · INDICE ·

1. Introducción.....	1	<b>CÁLCULO DEL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO</b> .....	63
2. Antecedentes.....	1	10. Disposición en planta de los aerogeneradores .....	63
3. Situación actual de la energía eólica.....	1	10.1. Zona 4 – Coves de Vinromà.....	64
4. Objetivo .....	2	10.2. Zona 5 – Vilafamés y La Pobla Tornesa.....	64
<b>ESTUDIOS PREVIOS</b> .....	3	10.3. Zona 14 - Xixona.....	64
5. Posibles emplazamientos.....	3	11. Aprovechamiento energético.....	67
6. Características de los posibles emplazamientos.....	8	11.1. Zona 4 – Coves de Vinromà.....	67
6.1. Zona 4.....	9	11.2. 1Zona 5 – Vilafamés y La Pobla Tornesa.....	69
6.2. Zona 5.....	14	11.3. Zona 14 – Xixona .....	70
6.3. Zona 13.....	22	<b>DISEÑO DE LA OBRA LINEAL</b> .....	72
6.4. Zona 14.....	26	12. Condicionantes.....	72
6.5. Zona 15.....	31	12.1. Zona 4 – Coves de Vinromà.....	72
7. Elección de los emplazamientos óptimos.....	34	12.2. Zona 5 – Vilafamés y La Pobla Tornesa.....	80
<b>CARACTERIZACIÓN DEL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO</b> .....	36	12.3. Zona 14 – Xixona .....	82
8. Caracterización del recurso eólico .....	36	13. Recomendaciones para el diseño del trazado de los viales .....	86
8.1. Zona 4 – Coves de Vinromà .....	36	14. Trazado de los viales.....	89
8.2. Zona 5 – Vilafamés y La Pobla Tornesa .....	37	14.1. Zona 4 – Coves de Vinromà.....	89
8.3. Zona 14 – Xixona.....	38	14.2. Zona 5 – Vilafamés y La Pobla Tornesa.....	91
8.4. Análisis recurso del eólico entre emplazamientos.....	38	14.3. Zona 14 – Xixona .....	93
9. Elección del aerogenerador óptimo.....	40	15. Movimiento de tierras.....	95
9.1. Clase y categoría del viento de los emplazamientos óptimos.....	40	15.1. Zona 4 – Coves de Vinromà.....	95
9.2. Aerogeneradores comerciales disponibles .....	40	15.2. Zona 5 – Vilafamés y La Pobla Tornesa.....	97
9.3. Tipología de aerogenerador a disponer.....	42	15.3. Zona 14 – Xixona .....	98

<b>VIABILIDAD</b> .....	100
16. Valoración económica de la inversión.....	100
16.1. Zona 4 – Coves de Vinromà .....	100
16.2. Zona 5 – Vilafamés y La Pobla Tornesa .....	100
16.3. Zona 14 – Xixona.....	101
17. Viabilidad de la inversión .....	101
17.1. Zona 4 – Coves de Vinromà .....	101
17.2. Zona 5 – Vilafamés y La Pobla Tornesa .....	101
17.3. Zona 14 – Xixona.....	102
<b>ANÁLISIS MULTICRITERIO</b> .....	103
18. Criterios evaluados .....	103
19. Metodología de trabajo.....	103
20. Comparación de criterios.....	104
20.1. Aprovechamiento energético .....	104
20.2. Viabilidad de la inversión .....	105
20.3. Impacto medioambiental.....	108
20.4. Impacto social.....	109
20.5. Facilidad del transporte.....	110
21. Matriz comparativa.....	111
22. Resumen.....	112
23. Conclusión.....	112
24. Bibliografía.....	114

## 1. Introducción

El presente documento titulado “Estudio para la implementación de un parque eólico en la Comunidad Valenciana” se presenta en calidad del Trabajo de Fin de Máster (TFM) realizado por Ángela Jiménez Rollón, alumna de la Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos de la Universitat Politècnica de València, con el fin de obtener el título en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos.

El estudio realizado permitirá determinar la localización óptima donde albergar un parque eólico en dicha comunidad para ello se realiza en un primer lugar el estudio previo de diferentes localizaciones donde pueda ser ubicado tras atender criterios ambientales, paisajísticos, energéticos y logísticos.

Establecidos los diferentes emplazamientos posibles donde albergar el parque eólico se determinará para cada uno de ellos el aerogenerador idóneo junto con el aprovechamiento energético y se realizará el diseño de la obra lineal necesaria para poder ser aprovechada esta energía. Del mismo modo, se determinará el impacto ambiental focalizado el movimiento de tierras y una estimación económica de cada uno de ellos.

Finalmente, la localización óptima se determinará a partir de la realización de un análisis multicriterio que incluye los criterios más relevantes a tener en cuenta como la producción energética, viabilidad de la inversión, facilidad del transporte, impacto medioambiental y social.

## 2. Antecedentes

El consumo energético a nivel mundial crece exponencialmente a medida que pasan los años, sin embargo, el aumento del precio de la energía debido a situaciones socioeconómicas de distinta naturaleza ha conllevado que la transición energética se realice con mayor rapidez donde la generación y consumo de energía eléctrica será mayor a la que se alcanza con los combustibles fósiles. Tiene como objetivo sustituir y cambiar el sistema de abastecimiento para evitar problemas de confiabilidad en el suministro eléctrico lo cual influye notablemente al desarrollo de las energías renovables, nuevo equipos de gestión, consumo de energía y otras tecnologías.

Las energías renovables son de gran relevancia en dicha transición energética al permitir una disponibilidad ilimitada lo que ha permitido que a nivel mundial se haya apostado por ellas de una manera considerable. En el caso de la energía eólica se estima que a largo plazo (2040) sea capaz de cubrir el 9% de la demanda eléctrica mundial y más del 20% en Europa lo cual ha influido en la elaboración de planes y cambios en el mercado para su facilitar su implantación.

## 3. Situación actual de la energía eólica

La energía eólica se corresponde con una energía limpia e inagotable la cual permite reducir la emisión de gases de efecto invernadero y preserva del medioambiente. De las energías renovables disponibles ésta se corresponde por ser la más desarrollada mundialmente empleando la energía cinética que generan las corrientes de aire para obtener electricidad.

La fuerza del viento comenzó a ser empleada en la época de los egipcios para la impulsión de barcos con velas, posteriormente, en diferentes partes del mundo llegó a ser utilizada para el bombeo de agua y movimiento de aspas de molinos 200 años a.C. El empleo de la fuerza del viento para estos fines perduró hasta la edad media y moderna, sin embargo, a raíz de la industrialización y el desarrollo de la electricidad a como la conocemos hoy se crearon las primeras turbinas de generación eólica con el objetivo de que las zonas más rurales de los grandes países industrializados tuvieran acceso a la electricidad.

El desarrollo de la energía eólica moderna se considera que tuvo lugar en Dinamarca a finales del siglo XIX con la instalación de una turbina de 23 metros de altura, sin embargo, otras energías como la térmica y la hidráulica fueron desarrolladas en mayor profundidad lo que produjo que se quedara estancada hasta cien años después con el inicio de la transición energética. En la década de 1970 se produjo el encarecimiento de otras fuentes de energía partir de la crisis del petróleo lo que fomentó un cambio en el mercado de la energía y con ello la dedicación, estudio y desarrollo de otras como la eólica.

En las siguientes décadas la energía eólica ha alcanzado una gran repercusión a nivel mundial no únicamente por el incremento de la potencia instalada sino también las ventajas que permite su consumo y la posibilidad de perseguir y alcanzar cuatro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, siendo los siguientes:

- **Objetivo 7.** Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.
- **Objetivo 11.** Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.
- **Objetivo 12.** Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- **Objetivo 13.** Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.



Figura 1. Posibles Objetivos de Desarrollo Sostenible a alcanzar  
(Fuente: Ministerio de Derechos Sociales y Agenda 2030)

Los últimos datos proporcionados por Global Wind Energy Council (GWEC) indican que en el año 2021 la energía eólica creció de manera que se incrementó en una potencia de 837 MW siendo el segundo mejor año de la historia en esta industria por una nueva capacidad instalada (93,6 GW) encontrándose por detrás del gran crecimiento del año 2020. Entre los cinco países mayor productores del mundo pueden identificarse dos europeos: Alemania y España.

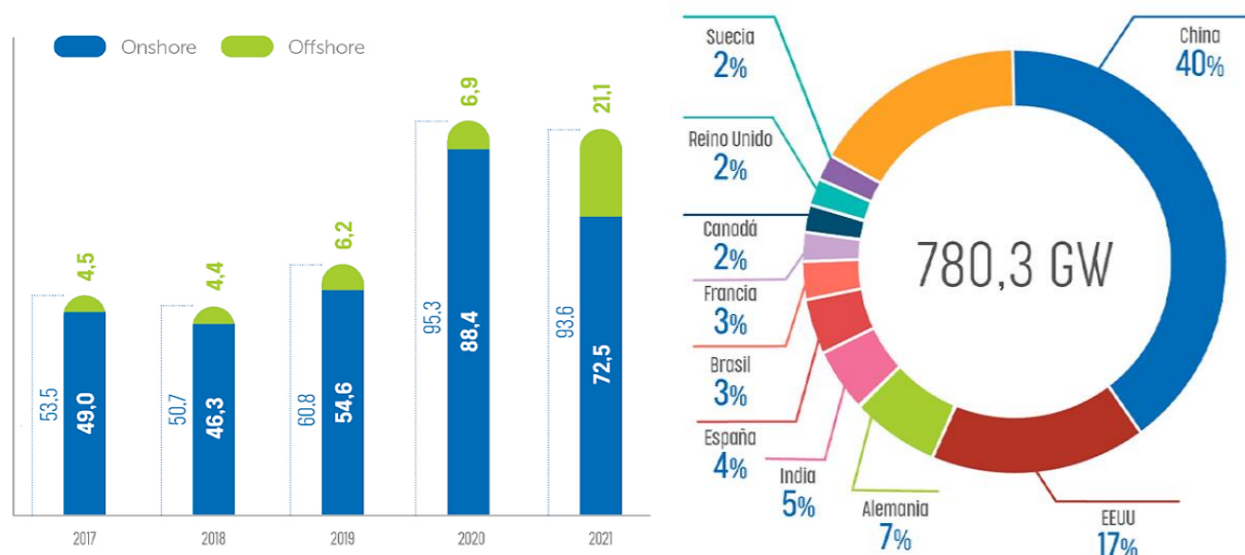


Gráfico 1. A la izquierda evolución del incremento de potencia en el mundo y a la derecha ranking de países por potencia terrestre (Fuente: Asociación Empresarial Eólica (AEE))

La energía eólica en España se encuentra presente en 47 de las 50 provincias que la conforman y se sitúa en la primera fuente de generación eléctrica peninsular en el año 2021 con 28.139,51 MW de potencia acumulada lo que permite cubrir el 23,3% de la energía consumida. Asimismo, evita la emisión de 29 millones de toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera al estar instalados un total de 1.298 parques eólicos entre 857 municipios. Los resultados para el año 2022 se prevén que sean similares a los obtenidos en el año anterior, por lo que, la energía eólica podría consolidarse como la tecnología que más electricidad genera en el país.

Atendiendo a los objetivos marcados por el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) es necesario la instalación de 2,2 GW de potencia anuales para la reducción de un 23% de emisiones de gases de efecto invernadero. El cumplimiento de dicho objetivo implica un incremento considerable en renovables y con ello duplicar la instalación de potencia eólica al haber alcanzado únicamente 842,61 MW en el año analizado.

La potencia instalada en la Comunidad Valenciana alcanza un valor de 1.238,78 MW situándola en la octava posición con respecto a las demás comunidades al suponer únicamente el 4,41% de la potencia instalada en España. Esto pone en evidencia la necesidad de aumentar la potencia en dicha comunidad con el fin de alcanzar los objetivos marcados por los diferentes planes energéticos, quedando de esta manera justificada la realización de este estudio.

CCAA	POTENCIA INSTALADA 2021 (MW)	POTENCIA ACUMULADA A CIERRE 2021 (MW)	CUOTA DE MERCADO SOBRE EL ACUMULADO (%)	TOTAL PPEE
Castilla y León	155,45	6.404,43	23%	272
Aragón	275,66	4.435,44	16%	176
Castilla La Mancha	68,7	3.954,84	14%	151
Galicia	68,9	3.866,64	14%	182
Andalucía	43,5	3.521,95	13%	163
Navarra	0	1.302,80	5%	58
Cataluña	0	1.271,20	5%	47
Comunidad Valenciana	0	1.238,78	4%	39
Asturias	126	645,45	2%	25
Canarias	104,4	557,82	2%	100
La Rioja	0	446,62	2%	14
Murcia	0	261,96	1%	14
Pais Vasco	0	153,25	1%	7
Extremadura	0	39,38	0%	1
Cantabria	0	35,30	0%	3
Baleares	0	3,68	0%	46
<b>TOTAL</b>	<b>842,61</b>	<b>28.139,51</b>		<b>1.298</b>

Tabla 1. Potencia eólica instalada por Comunidades Autónomas en el año 2021 (Fuente: Asociación Empresarial Eólica (AEE))

#### 4. Objetivo

El estudio realizado para la implementación de un parque eólico en la Comunidad Valenciana facilitará la transición energética a nivel nacional a partir del estudio de las posibles zonas sin explotar y su viabilidad para la generación y consumo de energía de manera sostenible, a partir de la caracterización del recurso eólico y diseño de la obra lineal.

## ESTUDIOS PREVIOS

### 5. Posibles emplazamientos

El posible emplazamiento del parque eólico a diseñar se centra en la Comunidad Valenciana, correspondiéndose con una de las diecisiete comunidades autónomas de España ubicada al este del país que linda con el litoral del mar Mediterráneo de nuevo por el este. Limita con cuatro comunidades autónomas diferentes encontrándose Cataluña en el norte, Aragón en el noroeste, Castilla La Mancha en el oeste y la Región de Murcia en el sur.

La Comunidad Valenciana se caracteriza por poseer una extensión de 23.255 km<sup>2</sup>, siendo la octava comunidad más extensa del país en la que habitan 5.058.138 habitantes durante el año 2021 como indica el *Instituto Nacional de Estadística (INE)* lo que la sitúa en el cuarto lugar atendiendo únicamente a la población. Del mismo modo, se caracteriza por ser un territorio altamente industrializado sobre el que se identifica un potente sector turístico y agrícola que genera el 9,6% del Producto Interior Bruto (PIB) situándose como la cuarta comunidad autónoma más importante.

Las provincias de Castellón, Valencia y Alicante conforman dicha comunidad autónoma donde se diferencian 34 comarcas y 542 municipios sobre los cuales se distribuye tanto en superficie como en población las características de la comunidad indicadas anteriormente.

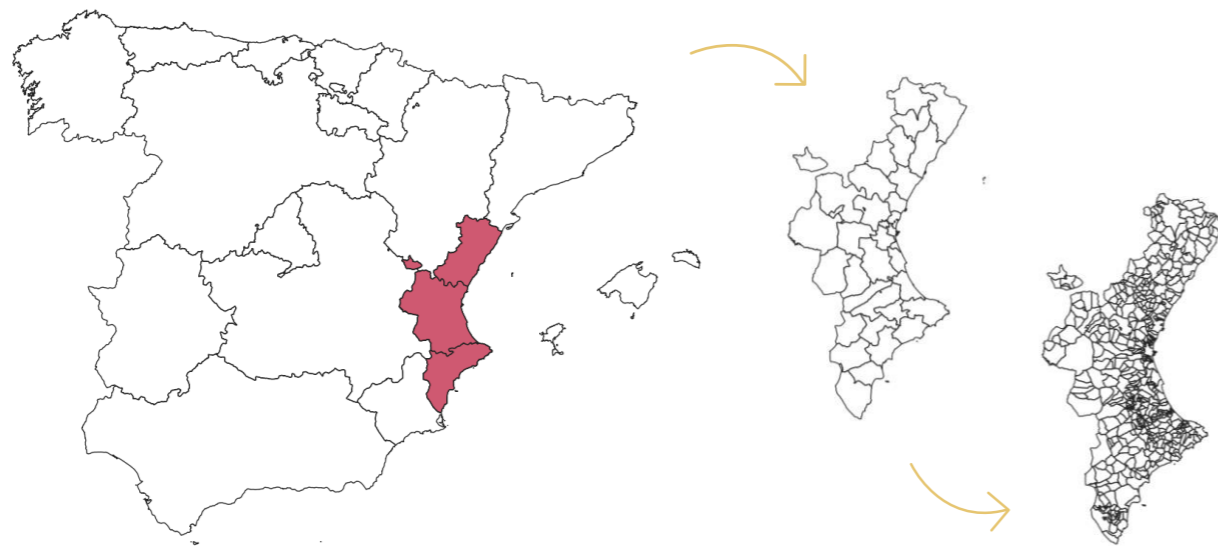


Figura 2. Localización Comunidad Valenciana junto con las comarcas y municipios que la conforman  
(Fuente: propia a partir de QGIS)

El sector eólico está regulado por un marco normativo para su evolución, siendo necesario el cumplimiento de la Ley del Sector Eléctrico de 1997 junto con su normativa de desarrollo. Asimismo, es necesario atender tanto la normativa europea como la normativa nacional y autonómica que permite la implantación de la energía eólica.

- Normativa europea

Norma IEC 61400-1. Aerogeneradores. Parte 1: Requisitos de diseño.

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.

Directiva 2009/72/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio de 2009, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad.

- Normativa nacional

RD 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.

Orden TEC/1380/2018, de 20 de diciembre, por la que se establecen las bases reguladoras para la concesión de ayudas a la inversión en instalaciones de producción de energía eléctrica con tecnologías eólica y fotovoltaica situadas en los territorios no peninsulares cofinanciadas con Fondos Comunitarios FEDER.

RD 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.

- Normativa autonómica

Ley 16/2008, de 22 de diciembre, de Medidas Fiscales, de Gestión Administrativa y Financiera, y de Organización de la Generalitat.

Resolución de 25 de febrero de 2003 del conseller de Industria, Comercio y Energía, sobre convocatoria para el desarrollo y ejecución del Plan Eólico de la Comunidad Valenciana.

Atendiendo a la extensión que nos ocupa, en el año 2000 se aprobó el “Plan Eólico de la Comunidad Valenciana” cuyo objetivo principal se corresponde con la regulación de la instalación de parques eólicos desde sus propios intereses con una implantación ágil, eficaz, racional, equilibrada y ajustada.

Del mismo modo, establece quince áreas susceptibles de aprovechamiento eólico diferenciadas por colores en la *Figura 3. División de las áreas seleccionadas como aptas en zonas objeto de desarrollo eólico* sobre las que únicamente es posible la explotación de este tipo de recurso. Todas ellas limitan la elección del emplazamiento objeto de este trabajo académico pues sobre una de ellas se va a desarrollar el diseño del parque eólico.

Las distintas zonas se determinaron a partir de múltiples criterios atendiendo a condicionantes medioambientales, urbanísticos, energéticos, económicos, sociales, jurídicos, de ámbito de aplicación junto con la justificación de la utilidad pública de las instalaciones eólicas.



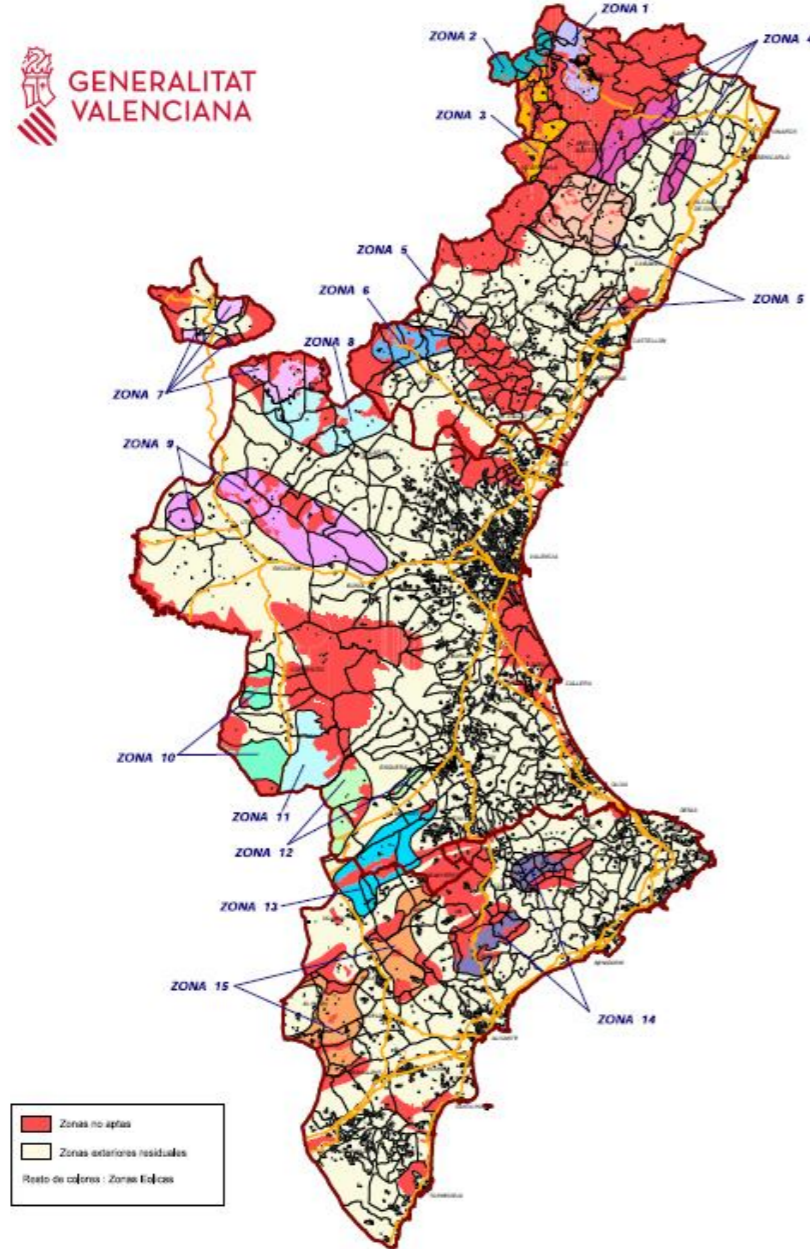


Figura 3. División de las áreas seleccionadas como aptas en zonas objeto de desarrollo eólico (Fuente: Plan Eólico de la Comunidad Valenciana)

Zona Eólica	Potencia de referencia (MW)	Nº max aerogeneradores	Términos municipales afectados
1	95	160	Forcall, Morella, Palanques, Sorita del Maestrat.
2	145	230	Forcall, La Mata de Morella, Olocau del Rei, Palanques, Sorita del Maestrat, Todelellam Villosos.
3	145	230	Ares del Maestrat, Benassal, Castellfort, Cinctorres, La Mata de Morella, Portell de Morella, Todolla, Vilafranca.
4	75	120	Albocàsser, Alcalà de Xivert, Benassal, Canet lo Roig, Cati, Cervera del Maestrat, Les Coves de Vinromà, Morella, Salsadella, San Mateu, Santa Magdalena de Pulpis, Tirig, Xert.
5	145	230	Arañuel, Atzeneta del Maestrat, Benafigos, Borriol, Cirat, Culla, La Pobla Tornesa, Montán, Montanejos, Sant Joan de Moró, La Serra d'En Galcerà, Serratella, La Torre d'En Bessora, Torrechiva, Les Useres, Vall d'Alba, Vilafamés, Villar de Canes, Vistabella del Maestrat, Xodos.
6	125	200	Barracas, Bejís, Benafer, Caudiel, Higueras, Montán, Pina de Montalgrao, Torás, El Toro, Viver.
7	75	120	Ademuz, Alpuente, Aras de Alpuente, Casas Altas, Casas Bajas, Castielfabib, Puebla de San Miguel, Titaguas, Vallanca, La Yesa.
8	95	160	Andilla, Aras de Alpuente, Calles, chelva, Domeño, Higuieruelas, Titaguas, Tuéjar, La Yesa.
9	175	270	Benagéber, Buñol, Camporrobles, Caudete de las Fuentes, Chelva, Chera, Chiva, Domeño, Fuenterrobles, Gestalgar, Loriguilla, Requena, Siete Aguas, Sinarcas, Sot de Chera, Utiel.
10	125	200	Ayora, Cofrentes, Jalance, Jarafuel.
11	125	200	Ayora, Bicorp, Quesa, Teresa de Cofrentes.
12	95	160	Anna, Enguera, Font de la Figuera, Moixent, Montesa, Vallada, Xàtiva.
13	75	120	Banyeres, Beneixama, Bocairent, Camp de Mirra, Cañada, Fontanars, Moixent, Ontinyent, Vallada, Villena.
14	75	120	Almudaina, Balones, Benillup, Benimassot, Castalla, Castell de Castells, Fageca, Famorca, Gorga, Millena, Onil, Penàguila, Planes, Relleu, Tibi, Tollos, Torre de les Maçanes, Vall d'Alcalà, Vall de Laguart, Vall d'Ebo, Xixona.
15	125	200	Agost, Alcoi, Banyeres, Biar, Hondón de las Nieves, Hondón de los Frailes, Monforte, Monóver, Novelda, Onil, Orihuela, Petrer, El Pinós, La Romana, Sax.

Tabla 2. Potencia mínima a instalar y número máximo de aerogeneradores a disponer por zona (Fuente: Plan Eólico de la Comunidad Valenciana)

En cada una de las zonas establecidas se limita el número máximo de aerogeneradores a disponer y se indica una potencia de referencia a instalar, por un lado, para limitar el impacto paisajístico en cada una de las zonas y por otra parte para asegurar el cumplimiento de los objetivos globales de aprovechamiento del recurso eólico en la comunidad, junto con la impulsión del uso de energías renovables.

Ambos condicionantes influirán notablemente en el diseño de los parques eólicos, es por ello por lo que se establece de referencia 1.695 MW de potencia instalada y un número de 2.720 aerogeneradores como máximo en toda la Comunidad Valenciana, la cual aún no ha sido alcanzada con los 1.238,78 MW instalados.

En la actualidad, un total de 39 parques eólicos ya han sido ejecutados y se encuentran en explotación como indica la *Asociación Empresarial Eólica (AEE)*. Tras un análisis de la ubicación de cada uno de ellos, se ha podido identificar que un gran número se encuentran en una misma zona y que algunos de ellos se sitúan geográficamente muy próximos, como puede apreciarse en la siguiente *Figura 4. Ubicación parques eólicos en explotación.*

Asimismo, en la *Tabla 3. Características parques eólicos en explotación de la Comunidad Valenciana* quedan recogidas las características principales de cada uno de los parques eólicos donde se indica la potencia instalada, el modelo y número de aerogeneradores dispuestos en cada uno de ellos.

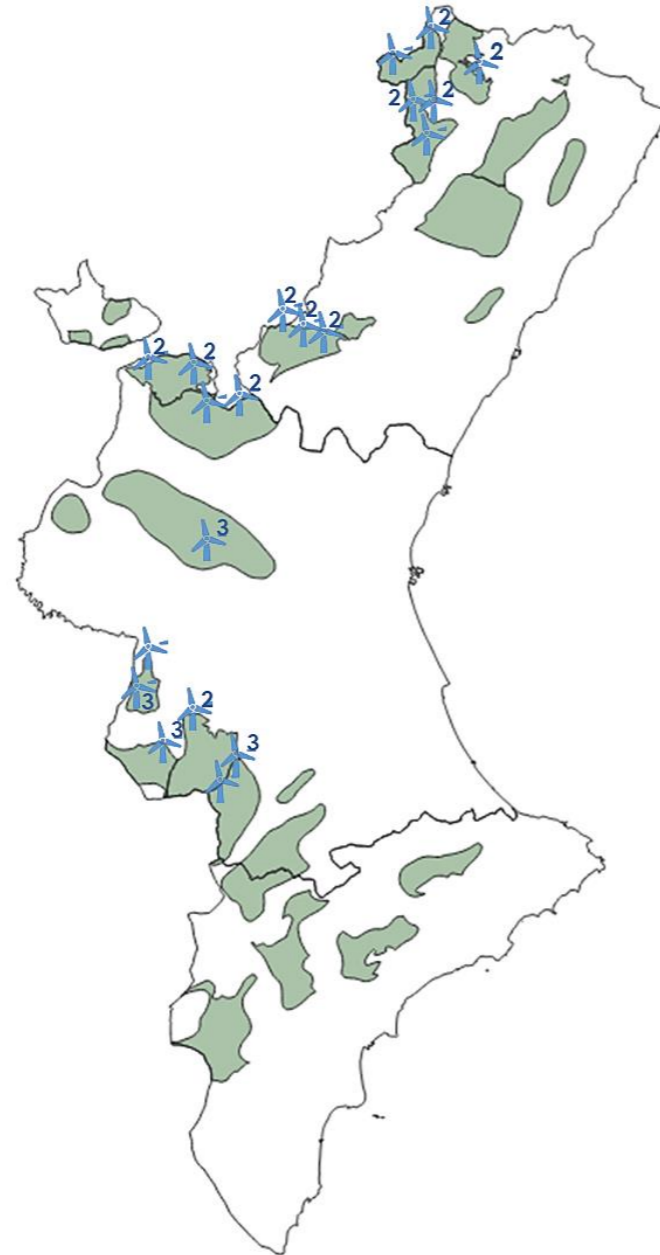


Figura 4. Ubicación parques eólicos en explotación  
(Fuente: propia a partir de QGIS)

En diez de las quince zonas establecidas se encuentran los 39 parques eólicos ejecutados en la Comunidad Valenciana. Sin embargo, alguna de ellas se caracteriza por presentar más de un área donde únicamente es explotada una de ellas como ocurre en la Zona 7 y la Zona 9, representadas con colores magentas en la *Figura 5*.

Por lo tanto, para llevar a cabo la elección de la zona de estudio y con ello el desarrollo de este trabajo, se prevalece la explotación de dicho recurso en aquellas zonas donde no se ubica ningún parque eólico, representadas en color amarillo de la *Figura 5*.

Asimismo, han sido descartadas todas aquellas zonas en las que se lleva a cabo la explotación del recurso eólico incluso en aquellas donde únicamente se explota una de sus superficies.

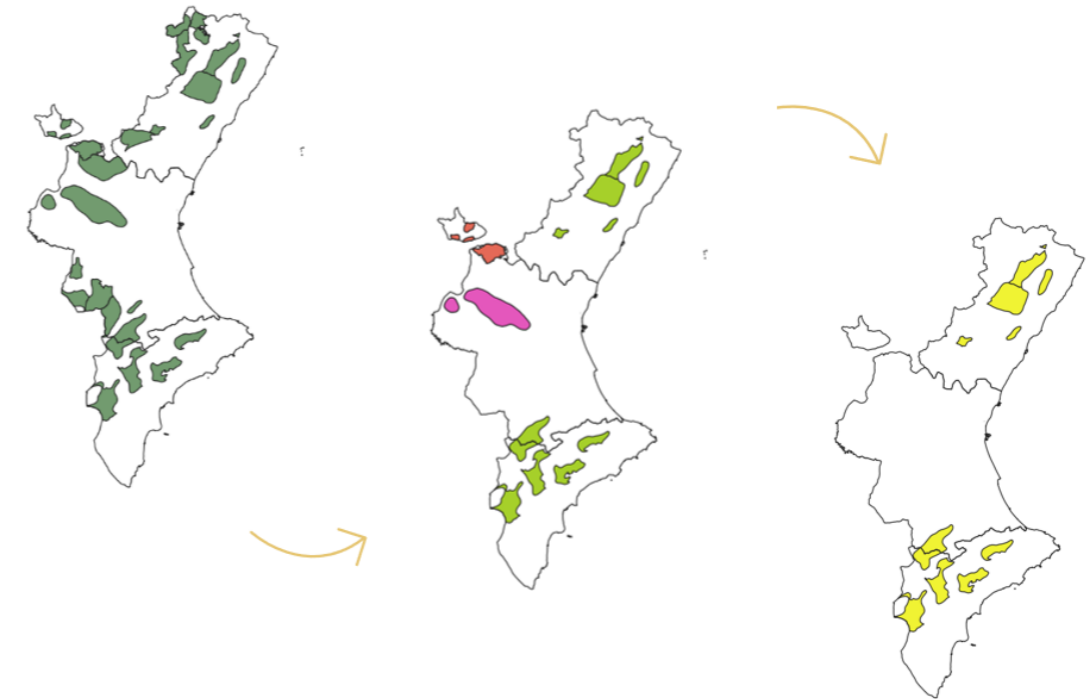


Figura 5. A la izquierda zonas susceptibles de explotación establecidas por el Plan Eólico. En medio, zonas sin parques eólicos ejecutados. A la derecha, zonas susceptibles de explotación disponibles  
(Fuente: propia a partir de QGIS)

Finalmente, únicamente es posible diseñar el parque eólico en cinco de las quince zonas establecidas por el Plan Eólico ubicadas en la provincia de Castellón o de Alicante. Estos espacios disponibles con recursos eólicos potencialmente aprovechables poseen una superficie igual a 1.753,76 km<sup>2</sup> lo que supone el 7,54% de la extensión de la Comunidad Valenciana, las cuales se corresponden con las siguientes zonas:

- Zona 4
- Zona 5
- Zona 13
- Zona 14
- Zona 15

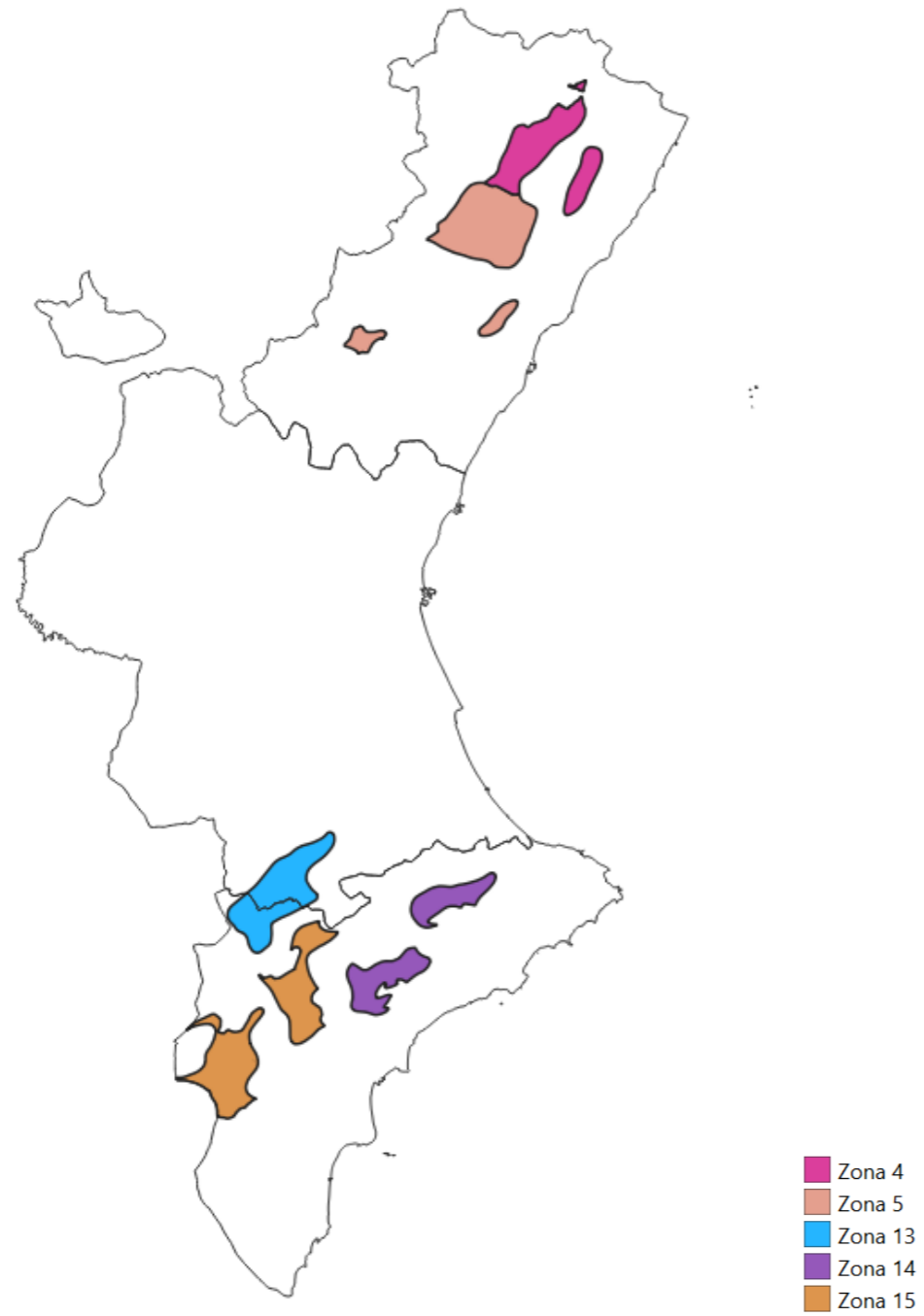


Figura 6. Zonas susceptibles de explotación disponibles  
(Fuente: propia a partir de QGIS)

Tabla 3. Características parques eólicos en explotación de la Comunidad Valenciana  
(Fuente: Asociación Empresarial Eólica (AEE))

Nº	Nombre	Zona	Término municipal	Provincia	Sociedad promotora	Potencia (MW)	Marca aerogenerador	Modelo	Potencia unitaria (kW)	Nº de aeros
1	Torre Miró I	1	Morella	Castellón	RENOMAR	49,5	AWP	AW 77/1500	1.500	33
2	Torre Miró II	1	Morella	Castellón	RENOMAR	49,5	AWP	AW 77/1500	1.500	33
3	Muela de Todolella	2	Olocau del Rey, Todolella	Castellón	RENOMAR	40,5	AWP	AW 77/1500	1.500	27
4	Manzanera	2	Olocau del Rey	Castellón	RENOMAR	25,5	AWP	AW 77/1500	1.500	17
5	Refoyas	2	Forcall, Todolella	Castellón	RENOMAR	49,5	AWP	AW 77/1500	1.500	33
6	Arriello	3	Castellfort, Villafranca del Cid, Ares del Maestre	Castellón	RENOMAR	49,5	AWP	AW 77/1500	1.500	33
7	Folch II	3	Castellfort	Castellón	RENOMAR	15	AWP	AW 77/1500	1.500	10
8	Cabrillas	3	Portell de Morella	Castellón	RENOMAR	28,5	AWP	AW 77/1500	1.500	19
9	Folch I	3	Castellfort	Castellón	RENOMAR	49,5	AWP	AW 77/1500	1.500	33
10	Plá d'Embalagué	3	Portell de Morella	Castellón	RENOMAR	37,5	AWP	AW 77/1500	1.500	25
11	Alto Casillas I	6	Barracas, Viver	Castellón	ENEL GREEN POWER ESPAÑA S.L.	30	GAMESA	G87	2.000	15
12	Alto Palancia I	6	Barracas, Viver	Castellón	PROYECTOS EÓLICOS VALENCIANOS	26	GAMESA	G80 (6) / G87 (7)	2.000	13
13	Alto Palancia II	6	Barracas, Viver	Castellón	PROYECTOS EÓLICOS VALENCIANOS	46	GAMESA	G80 (8) / G87 (15)	2.000	23
14	Mazorral y Rajola	6	Barracas, El Toro	Castellón	PROYECTOS EÓLICOS VALENCIANOS	28,05	GAMESA	G52	850	33
15	Alto Casillas II	6	Pina de Montalgrao	Castellón	ENEL GREEN POWER ESPAÑA S.L.	30	GAMESA	G87	2.000	15
16	Alto Palancia III	6	Barracas, Viver	Valencia	Corporación Acciona Eólica	32	GAMESA	G87	2.000	16
17	El Viudo	7	La Yesa	Valencia	Santa Catalina, S.L.	40	GE	GE 2,5 xl	2.500	16
18	El Viudo II	7	La Yesa	Valencia	Santa Catalina, S.L.	26	GAMESA	G90	2.000	13
19	Muela de Santa Catalina	7	Aras de los Olmos	Valencia	Santa Catalina, S.L.	25,5	GE	GE 1,5 sle	1.500	17
20	Cerro Negro	7	Aras de los Olmos	Valencia	Santa Catalina, S.L.	16	VESTAS	V90	2.000	8
21	Cerro de la Nevera	8	La Yesa, Chelva, Andilla	Valencia	RENOMAR	31,5	AWP	AW 77/1500	1.500	21
22	Peñas de Dios I	8	Andilla	Valencia	RENOMAR	39	AWP	AW 77/1500	1.500	26
23	Peñas de Dios II	8	Andilla	Valencia	RENOMAR	28,5	AWP	AW 77/1500	1.500	19
24	La Cabrera I	9	Buñol	Valencia	ACIOE	2,64	GAMESA	G47	660	4
25	La Cabrera II	9	Buñol	Valencia	ACIOE	14,45	GAMESA	G52	850	16
26	La Cabrera Ampliación	9	Buñol	Valencia	ACIOE	3,4	GAMESA	G52	850	4
27	El Mulatón	10	Ayora	Valencia	Corporación Acciona Eólica	38	GAMESA	G87	2.000	19
28	La Solana	10	Ayora	Valencia	Corporación Acciona Eólica	44,2	GAMESA	G58	850	52
29	Rincón del Cabello	10	Ayora	Valencia	Corporación Acciona Eólica	40	GAMESA	G87	2.000	20
30	Boira	10	Jarafuel	Valencia	ACCIONA EÓLICA DE LEVANTE	34,5	AWP	AW 77/1500	1.500	23
31	Villanueva I	10	Jarafuel	Valencia	Parques eólicos de Villanueva, S.L.U.	48,3	ENERCON	E-70	2.300	21
32	Villanueva II	10	Jarafuel	Valencia	Parques eólicos de Villanueva, S.L.U.	18,4	ENERCON	E-70	2.300	8
33	Cofrentes	10	Cofrentes	Valencia	Parque Eólico Cofrentes S.L.U.	49,79	GE	GE3,8-137	3.830	13
34	Las Bodeguillas	11	Ayora	Valencia	Corporación Acciona Eólica	36,55	GAMESA	G58	850	43
35	Losilla	11	Ayora	Valencia	ACCIONA EÓLICA DE LEVANTE	24	AWP	AW 77/1500	1.500	16
36	Benalaz I	12	Enguera	Valencia	ACCIONA EÓLICA DE LEVANTE	37,5	AWP	AW 77/1500	1.500	25
37	Benalaz II	12	Enguera	Valencia	ACCIONA EÓLICA DE LEVANTE	3	AWP	AW 77/1500	1.500	2
38	Benalaz II	12	Enguera	Valencia	ACCIONA EÓLICA DE LEVANTE	13,5	AWP	AW 77/1500	1.500	9
39	Salomón	12	Enguera	Valencia	ACCIONA EÓLICA DE LEVANTE	37,5	AWP	AW 77/1500	1.500	25

## 6. Características de los posibles emplazamientos

Identificadas las cinco zonas disponibles sobre las que se puede llevar a cabo la explotación del recurso eólico se van a analizar cada una de ellas atendiendo a diferentes criterios. Todos ellos permitirán obtener la información necesaria para determinar el emplazamiento óptimo sobre el que desarrollar el diseño del parque eólico objeto de este trabajo académico.

Los criterios se han agrupado en tres grupos atendiendo a los aspectos más relevantes para este análisis, por lo tanto, a cada uno de ellos se le ha asignado un nombre en función de la materia tratada.

En primer lugar, el “*Criterio ambiental y paisajístico*” atiende a varias restricciones medioambientales como las áreas de conservación asignadas por la Red Natura 2000 y posibles Espacios Naturales Protegidos (ENP) junto al planeamiento urbanístico, distancia a municipios colindantes y posibles barreras frente al viento debidas al relieve.

Del mismo modo, en un primer lugar, se atenderá a la clasificación llevada a cabo por el Plan Eólico en función del análisis ambiental dentro de cada una de las áreas asignadas como aprovechables con el objetivo de identificar y determinar que extensión dentro de una misma zona posee condiciones de aptitud para explotar dicho recurso.

Por lo tanto, se distinguen tres zonas diferentes que se diferencian a su vez en tres colores distintos, las cuales se corresponden con:

- Zonas No Aptas identificadas en color rojo.
- Zonas Aptas con cumplimiento de prescripciones en color azul.
- Zonas Aptas en color verde.

Resaltar que las Zonas Aptas con cumplimiento de prescripciones presentan una única diferencia con las Zonas Aptas pues presentan valores ambientales más relevantes.

El segundo condicionante engloba todo aquello que tenga relación con la energía, por este motivo, de cada zona analizada se atenderá al recurso eólico disponible, la distancia disponible para determinar el número de aerogeneradores necesarios para alcanzar la potencia, la densidad de potencia, la proximidad de la línea de alta tensión y de las instalaciones de generación de energía y el transporte de la misma; denominándose “*Criterio energético*”.

Atendiendo al recurso eólico de cada una de las zonas, se obtendrá el factor fundamental para la evaluación del potencial eólico disponible siendo este la velocidad media del viento, por este motivo, a partir de la rosa de los vientos se determinará el porcentaje de tiempo correspondiente a cada uno de los valores para cada dirección con el objetivo de disponer del porcentaje de tiempo de trabajo definido como las horas equivalentes que se podría alcanzar en cada uno de los emplazamientos posibles. Una vez escogido el óptimo se llevará a cabo en profundidad un análisis más detallado de este factor para el correcto diseño del parque eólico.

La separación entre aerogeneradores será indispensable para evitar pérdidas por sombras entre alineaciones y en turbinas de una misma alineación, por ello, en cada uno de los emplazamientos se atenderá la distancia disponible entre aerogeneradores de una misma fila y entre filas de aerogeneradores.

Para determinar la distancia mínima entre aerogeneradores de una misma fila se atiende a la recomendación correspondiente a 2 a 4 veces el diámetro del rotor orientados en perpendicular a la dirección predominante de los vientos, del mismo modo, la distancia mínima entre filas de aerogeneradores se corresponde entre 5 y 9 veces el diámetro del rotor.

Diámetro rotor (m)	Distancia entre aerogeneradores			
	Misma fila		Entre filas	
80	160	320	400	720
100	200	400	500	900
	<b>270</b>		<b>630</b>	

Tabla 4. Distancia mínima entre aerogeneradores

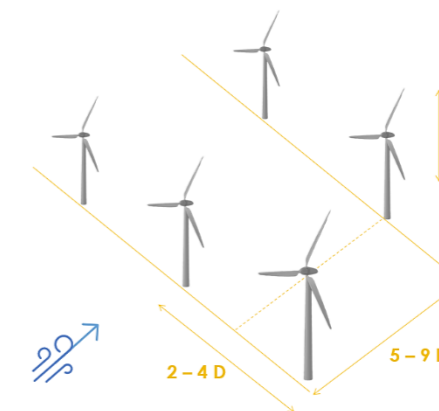


Figura 7. Distancia mínima entre aerogeneradores

En este caso, se dispondrá una potencia de 30 MW como mínimo para lo que será necesario emplear 15 aerogeneradores en caso de alcanzar cada uno de ellos una potencia de 2MW y presentando diámetros de rotor entre 80 y 100 metros. Atendiendo las recomendaciones anteriores se estipula que será necesario una distancia entre aerogeneradores de 270 metros y entre filas de 630 metros, por lo tanto, será necesario una zona que posea aproximadamente 3.780 metros en fila para disponer los aerogeneradores en una única. Recalcar que cuando se establezca el diámetro del rotor final esta separación será establecida finalmente, del mismo modo, en caso de disponer una distancia mucho mayor se valorará instalar un mayor número de aerogeneradores y con ello una mayor potencia.

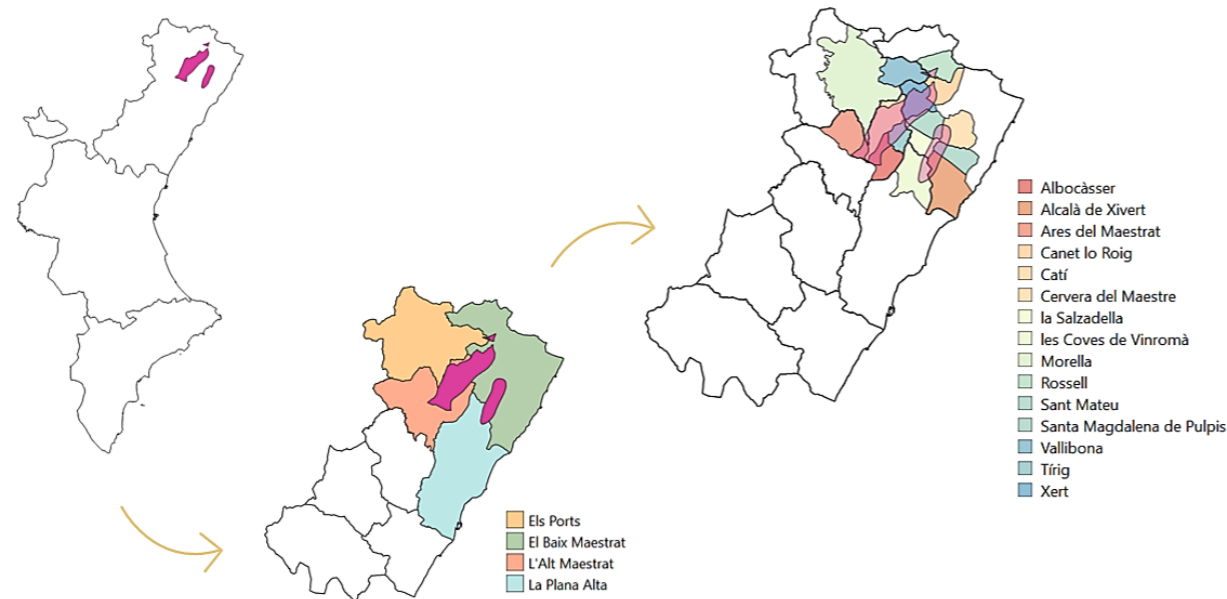
El Atlas Eólico considera como recurso eólico teóricamente aprovechable aquellas zonas de la Comunidad Valenciana cuya densidad de potencia supere el valor de 250 W/m<sup>2</sup>, por lo que, en cada caso se atenderá el valor obtenido para poder determinar el emplazamiento óptimo atendiendo a este criterio.

El último criterio denominado “*Criterio logístico*” engloba todo aquello relacionado con la proximidad para transportar los elementos que conforman en sí el parque eólico junto con la accesibilidad a partir de las vías de comunicación existentes tanto carreteras, caminos o pistas.

En los siguientes apartados, se analizan para cada uno de los posibles emplazamientos los condicionantes que forman cada uno de los tres criterios. Asimismo, tras finalizar el “*Criterio energético*” de cada uno de ellos se llevará a cabo una clasificación con el objetivo de determinar en cada una de las zonas los emplazamientos óptimos, pues se corresponde con el más relevante y determinante para el diseño del parque eólico.

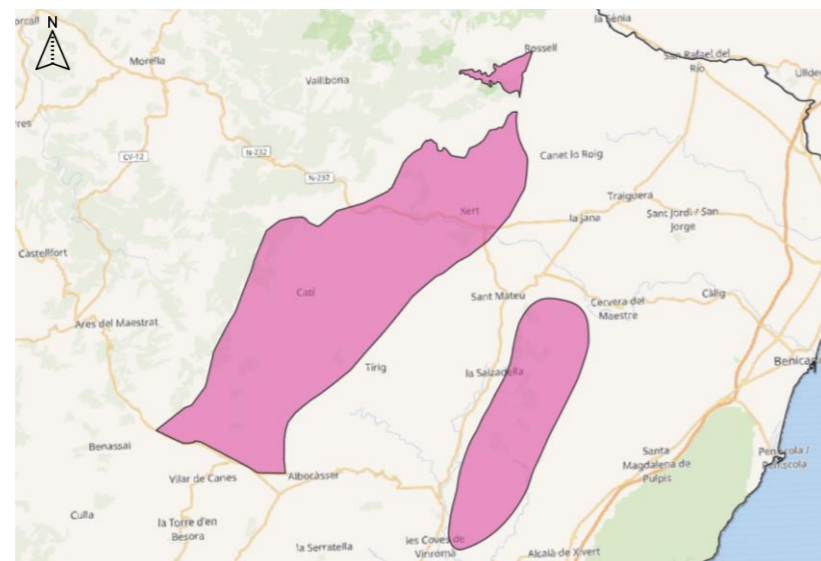
### 6.1. Zona 4

La Zona 4 establecida por el Plan Eólico de la Comunidad Valenciana se ubica en el norte de la provincia de Castellón afectando a cuatro comarcas y a quince municipios, indicados en la siguiente *Figura 8*.



*Figura 8. Comarcas y municipios afectados por la Zona 4 (Fuente: propia a partir de QGIS)*

Posee una extensión de 108,98 km<sup>2</sup> repartidos en tres áreas con diferentes características, sin embargo, dos de ellas son muy similares entre sí por la disposición del territorio.



*Figura 9. Extensión que conforma la Zona 4 (Fuente: propia a partir de QGIS)*

El área ubicada más al norte y más próxima al límite de la provincia de Castellón se caracteriza por poseer una extensión de 5,4 km<sup>2</sup> sobre el Maestrat, correspondiéndose con la menor de esta zona y por encontrarse muy próxima al municipio de Rossell sin afectar directamente a ningún otro municipio.

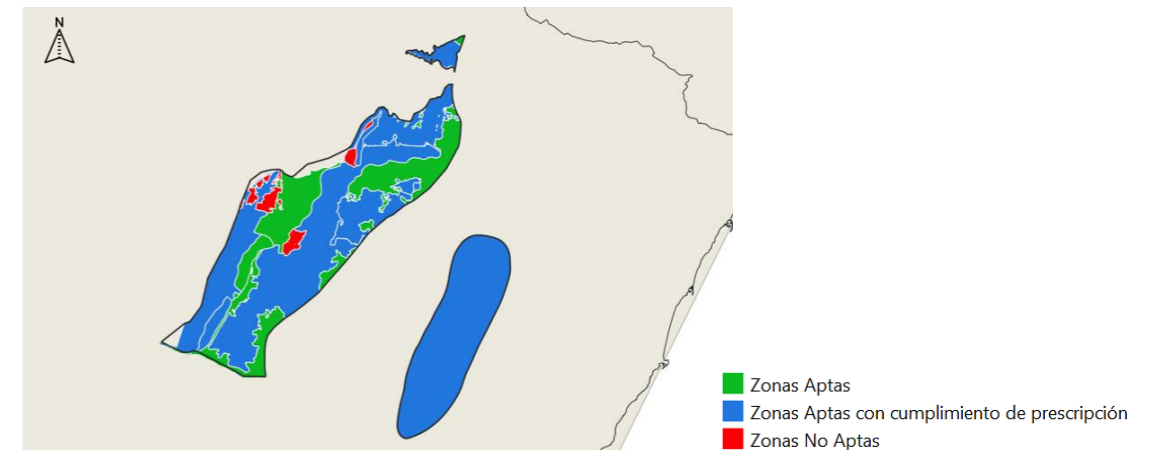
En el caso de la segunda área con mayor extensión, también sobre el Maestrat, cuenta con una superficie de 23,22 km<sup>2</sup> y está ubicada al este. Ningún municipio se encuentra dentro de la zona delimitada para la explotación de dicho recurso eólico, sin embargo, los municipios de Cervera del Maestre, Sant Mateu, la Salzedella y les Coves de Vinromà podrán verse afectados en caso de ejecutarse el diseño del parque eólico en esta extensión.

La última área se ubica en la denominada Sierras Costeras de Castellón establecida por el Plan Eólico, ubicada al oeste de la provincia y se caracteriza por poseer la mayor extensión igual a 80,26 km<sup>2</sup>. En este caso, los municipios de Catí y Xert se ubican dentro de la misma siendo de gran importancia la afección a dichos municipios. Del mismo modo, los municipios de Canet lo Roig, Sant Mateu, Tírig, Albocàsser y Vilar de Canes se encuentran muy próximos al límite de dicha zona por lo que podrán verse afectados.

Una vez localizada esta zona del Plan Eólico se van a atender los diferentes criterios establecidos anteriormente para poder ser analizada y así determinar más adelante el emplazamiento óptimo.

#### · Criterio ambiental y paisajístico

A partir de la clasificación llevada a cabo por el Plan Eólico en función de la aptitud de explotación del recurso eólico puede identificarse sobre esta zona que la mayor parte de su extensión es asignada como apta para ser aprovechada. Sin embargo, aquellas zonas identificadas como *Zonas No Aptas* no podrán contemplarse para llevar a cabo la explotación de dicho recurso. En este caso, solo el 8,66% de la superficie será desestimada y sobre ella no podrá llevarse a cabo el diseño del parque eólico tras atender este condicionante.



*Figura 10. Aptitudes del aprovechamiento eólico de la Zona 4 (Fuente: Plan Eólico de la Comunidad Valenciana)*

Atendiendo a la información proporcionada por la Red Natura 2000 para asegurar la supervivencia a largo plazo de las especies y los tipos de hábitat pueden identificarse dentro de esta zona la existencia de *Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA)* y *Lugares de Importancia Comunitaria (LIC)* por su contribución a restaurar el hábitat natural. No suponen una gran superficie, sin embargo, sobre ellas será incompatible el diseño del parque eólico para su posterior ejecución y explotación.

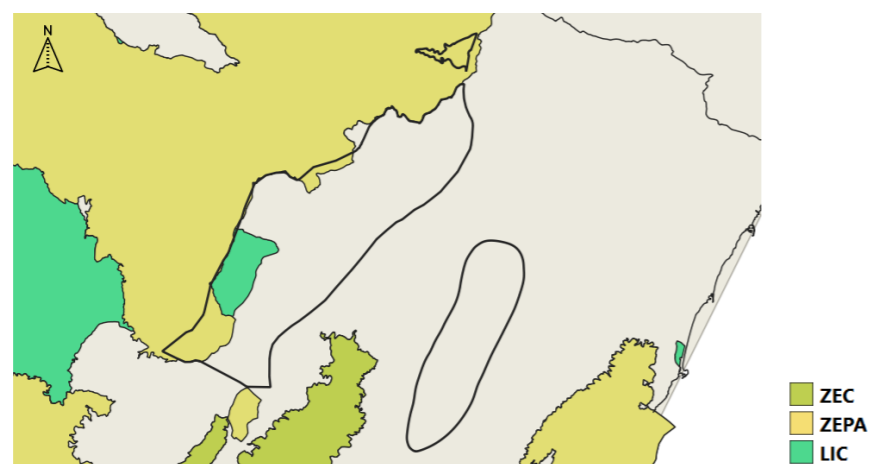


Figura 11. Áreas de conservación de la biodiversidad en la Zona 4  
(Fuente: Red Natura 2000)

En las inmediaciones y en la extensión que ocupa la Zona 4 pueden identificarse varios espacios naturales protegidos, como parajes naturales y cuevas, que restringirán notablemente el desarrollo para la elección del emplazamiento del parque eólico.

Se identifica el *Paraje Natural Municipal Racó del Frare* sobre el área de mayor extensión que conforma la Zona 4, además, sobre esta misma área puede encontrarse la *cueva del Molinar* y la *cueva de los Encenalls* sobre el área ubicada más al este. Estos tres espacios naturales deberán atenderse a la hora de diseñar el parque eólico, pues no pueden verse afectados por ningún tipo de actuación.

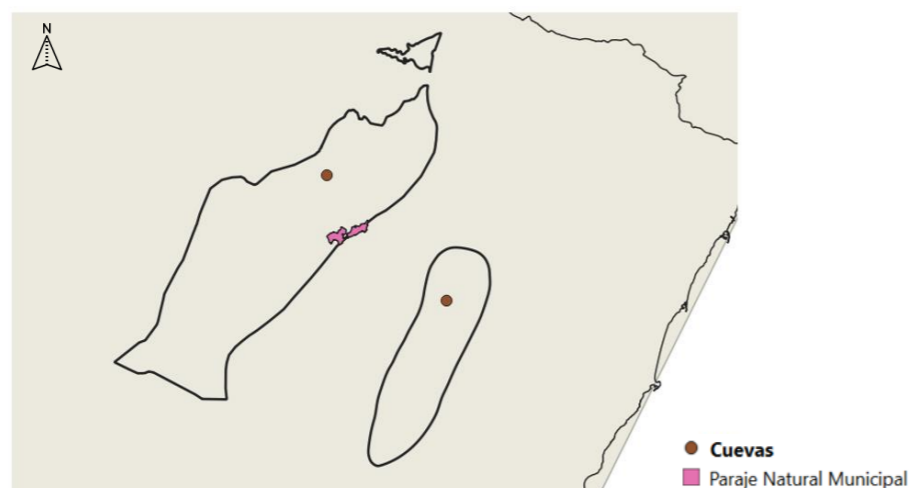


Figura 12. Espacios Naturales Protegidos de la Zona 4  
(Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico)

Para analizar todos los condicionantes que forman parte de este criterio se atiende al planeamiento urbanístico aprobado en las Comisiones Territoriales de Urbanismo. En él se identifican distintas zonas en función de su clasificación o zonificación, siendo en este caso únicamente necesario hacer hincapié en la clasificación, por ser la única necesaria hasta el momento.

El Plan Eólico establece los tipos de suelo sobre los que se puede implantar un parque eólico siendo estos clasificados como no urbanizable, urbanizable y urbano; teniendo que estar este último clasificado de uso industrial.

En este caso, atendiendo a la extensión que ocupa la Zona 4 se identifican cuatro clasificaciones diferentes siendo el *Suelo no urbanizable protegido* el que ocupa gran parte de la superficie y sobre la que no se podrá llevar a cabo ningún tipo de actuación.

Del mismo modo, puede observarse un gran espacio caracterizado por no poseer ningún tipo de planeamiento, por lo que, no se considerará para emplazar el parque eólico debido al largo proceso administrativo que conllevaría su implantación junto con la gran incertidumbre.

El área que conforma el municipio de Catí es clasificado como *Suelo urbano*, como era previsible. Sin embargo, el resto del área que conforma dicha zona se determina como *Suelo no urbanizable común* siendo sobre él donde podrá ubicarse el parque eólico de este trabajo académico.

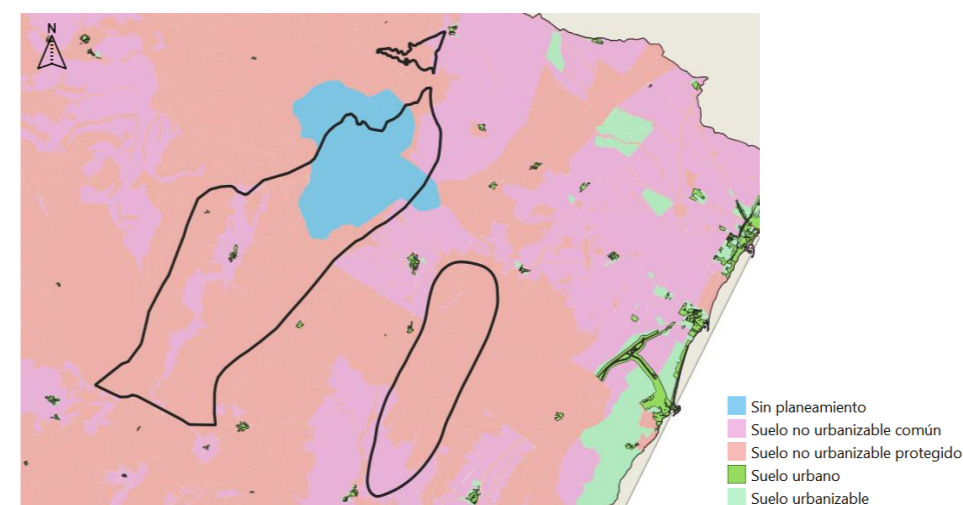


Figura 13. Planeamiento urbanístico de la Zona 4  
(Fuente: Comisiones Territoriales de Urbanismo de la Comunidad Valenciana)

Una vez analizados todos los condicionantes que conforman dicho "*Criterio ambiental y paisajístico*" y teniendo en cuenta cómo afectan cada uno de ellos, únicamente es posible ubicar el parque eólico en aquellas superficies no identificadas como *Zonas no aptas* para el aprovechamiento del recurso eólico, sobre las que no afectan las áreas de conservación ni los espacios naturales protegidos y sobre las identificadas como *Suelo no urbanizable común*.

El Plan Eólico establece una distancia mínima desde cualquier parque eólico hasta un espacio clasificado como suelo urbanizable o urbano igual a 1.000 metros. En la siguiente *Figura 14* el único municipio que podría verse afectado notablemente se correspondería con el municipio de Catí, sin embargo, en caso de emplazarse sobre esta zona el parque eólico se deberá tener en consideración este aspecto.

Todo esto conlleva que de la gran extensión que caracterizaba a la Zona 4 únicamente pueda ser aprovechada una reducida parte estando repartida en tres zonas diferenciadas.

Atendiendo a la zona ubicada al oeste se encuentran dos de las superficies disponibles para el aprovechamiento energético. Una de ellas se ubica en las inmediaciones del municipio de Catí con una

extensión de 6,68 km<sup>2</sup>, y la otra que linda con el límite de la zona susceptible de explotación por el noreste muy próxima al municipio de Canet lo Roig con 6,15 km<sup>2</sup>.

Por último, la tercera zona sobre la que es posible llevar a cabo la explotación del recurso eólico se caracteriza por poseer una extensión mayor que las indicadas anteriormente igual a 12,96 km<sup>2</sup>, encontrándose en el sur del área ubicada al este muy próxima al municipio de les Coves de Vinromà.

Sobre todas ellas se realiza un ligero análisis simultaneo del relieve y la dirección predominante de los vientos permitiendo así determinar la imposibilidad de aprovechar el recurso eólico debido a la existencia de obstáculos que no permitan unas corrientes de vientos adecuada.

En los emplazamientos ubicados en las inmediaciones del municipio de Catí y Canet lo Roig pueden identificarse dos zonas montañosas muy próximas y perpendiculares a la dirección predominante de los vientos lo cual implica ambos emplazamientos sean descartados para aprovechar sobre ellos el recurso eólico. Finalmente, sobre esta zona únicamente será posible emplazar el parque eólico en las inmediaciones del municipio de les Coves de Vinromà.

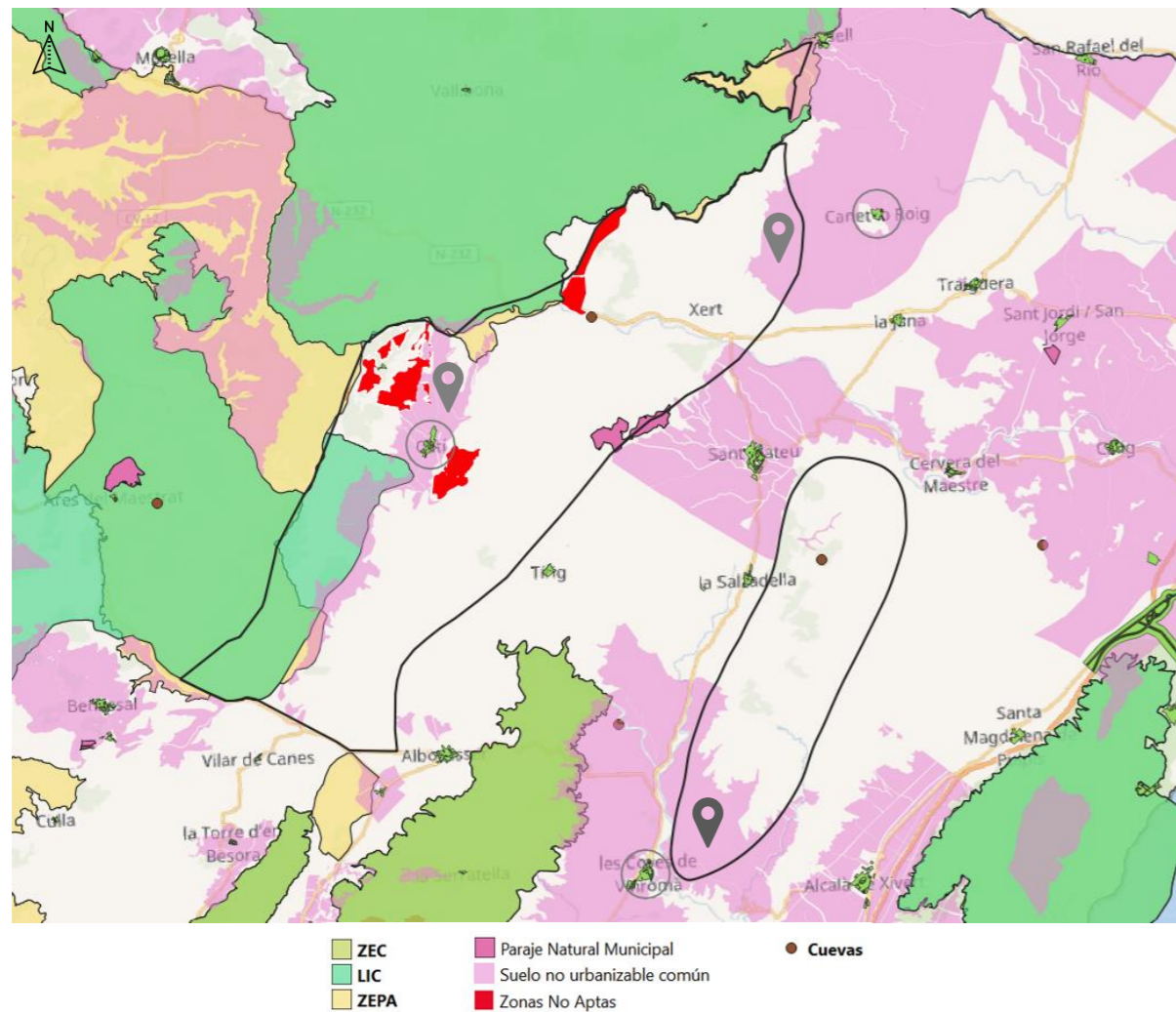


Figura 14. Aprovechamiento eólico disponible de la Zona 4  
(Fuente: propia a partir de QGIS)

### Criterio energético

España cuenta con el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) caracterizado por estar adscrito al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico el cual permite consultar los datos del recurso eólico a partir del Atlas Eólico Global, Europeo o Ibérico mediante plataformas online.

El Centro Nacional de Energías Renovables (CENER) ha desarrollado el Mapa Eólico Ibérico que permite consultar diferentes variables fundamentales para analizar tanto a nivel de mesoescala como a nivel de microescala el recurso eólico disponible en todo el territorio nacional, por este motivo, se emplea la información proporcionada por el mismo para la evaluación del potencial eólico en cada una de las zonas.

Anteriormente se ha indicado que se atenderá a la velocidad media del viento para la determinación del emplazamiento óptimo, sin embargo, es necesario establecer una altura del aerogenerador a la que se desea conocer dicho valor puesto que el perfil de velocidades varía con la altura por el rozamiento de diferentes variables como son el suelo y la vegetación.

Por lo tanto, se establece como mínimo una altura igual a 50 metros debido a que por debajo de la misma aparecen los efectos por rozamiento comentados. Se realiza el análisis de los valores obtenidos a una altura de 100 metros pues en espacios abiertos, siendo el caso que nos ocupa, desaparece prácticamente el efecto de la superficie y se obtienen valores medios superiores con los que se podría alcanzar la producción óptima.

Tras el análisis realizado de los condicionantes pertenecientes al "Criterio ambiental y paisajístico" se pudo concluir que únicamente se podría llevar a cabo el diseño del parque en tres áreas bien diferenciadas, por ello, en este caso se van a establecer esas mismas zonas para la evaluación de este criterio.

Para obtener un valor medio de la velocidad del viento es necesario establecer unas coordenadas exactas para cada una de las zonas, por lo que, en cada uno de los casos se ha establecido un emplazamiento donde se cree posible dicha ejecución, representándose en cada caso el viento medio a una altura de 100 metros como se ha indicado anteriormente.

El área próxima al municipio de les Coves de Vinromà se caracteriza por presentar una velocidad media del viento igual a 6,468 m/s superando los valores mínimos para producirse el arranque de producción y llegando a ser una zona de mayor recurso. Del mismo modo, atendiendo al porcentaje de tiempo con viento útil podría alcanzarse una producción parcial durante el 56,05% del tiempo a partir de los valores comprendidos entre 4 y 12 m/s y una producción nominal durante el 10,37% contemplando los vientos que presenten valores superiores a 12 m/s.

En este emplazamiento podría alcanzarse un porcentaje de tiempo de trabajo correspondiente al 38,39% del tiempo obtenido a partir de la producción equivalente junto con la producción nominal, lo cual implicaría una producción de 3.363 horas equivalentes de trabajo durante un año.

Destacar que, para determinar la producción equivalente ha sido necesario suponer una aproximación de la producción parcial igual al 50% de la nominal, lo cual se llevará a cabo en cada uno de los emplazamientos analizados; equivaliendo en este caso al 28,02% del tiempo.



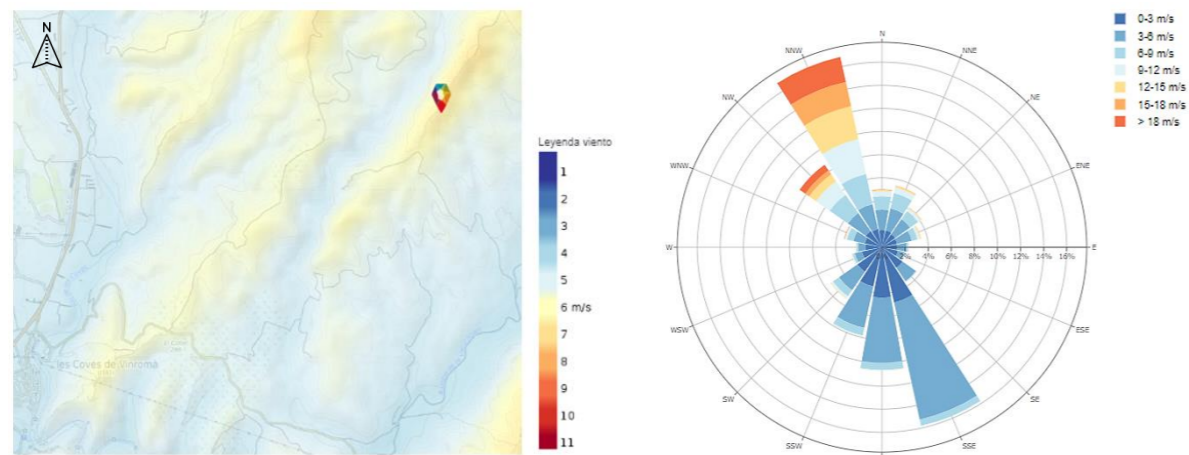


Figura 15. Velocidad media viento y rosa de los vientos a 100m de altura en las inmediaciones de les Coves de Vinromà, Zona 4 (Fuente: IDAE)

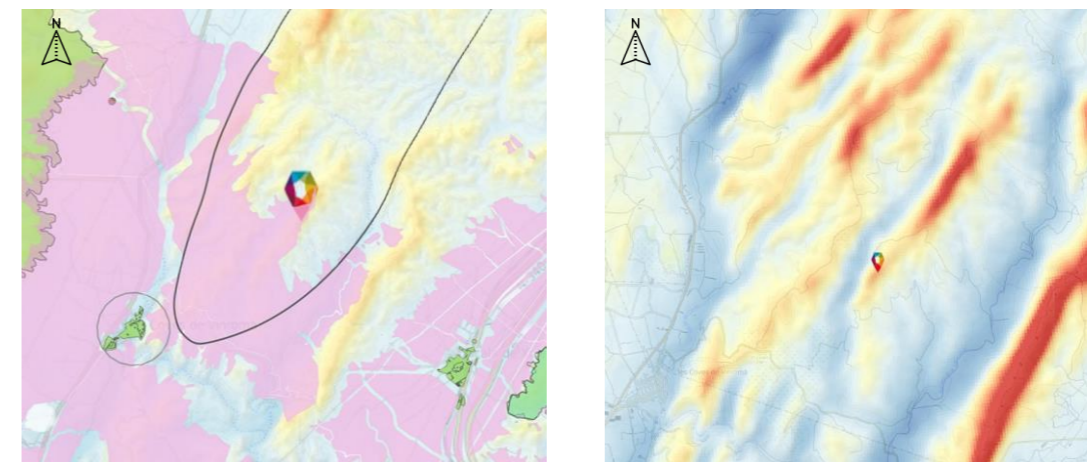


Figura 16. Espacio disponible y densidad de potencia en las inmediaciones de les Coves de Vinromà, Zona 4 (Fuente: IDAE)

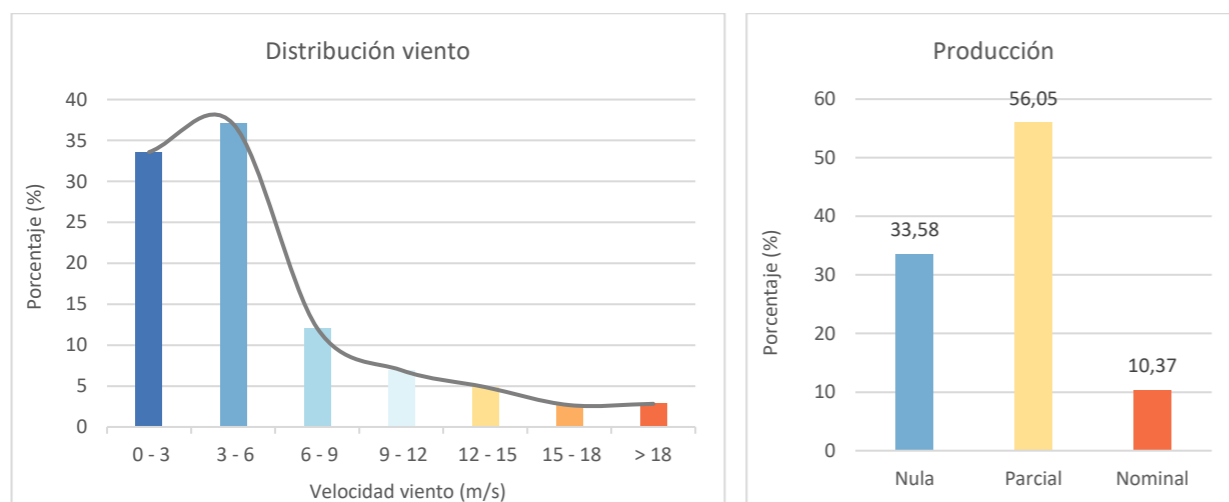


Gráfico 2. Distribución vientos y porcentajes de producción en las inmediaciones de les Coves de Vinromà, Zona 4 (Fuente: IDAE)

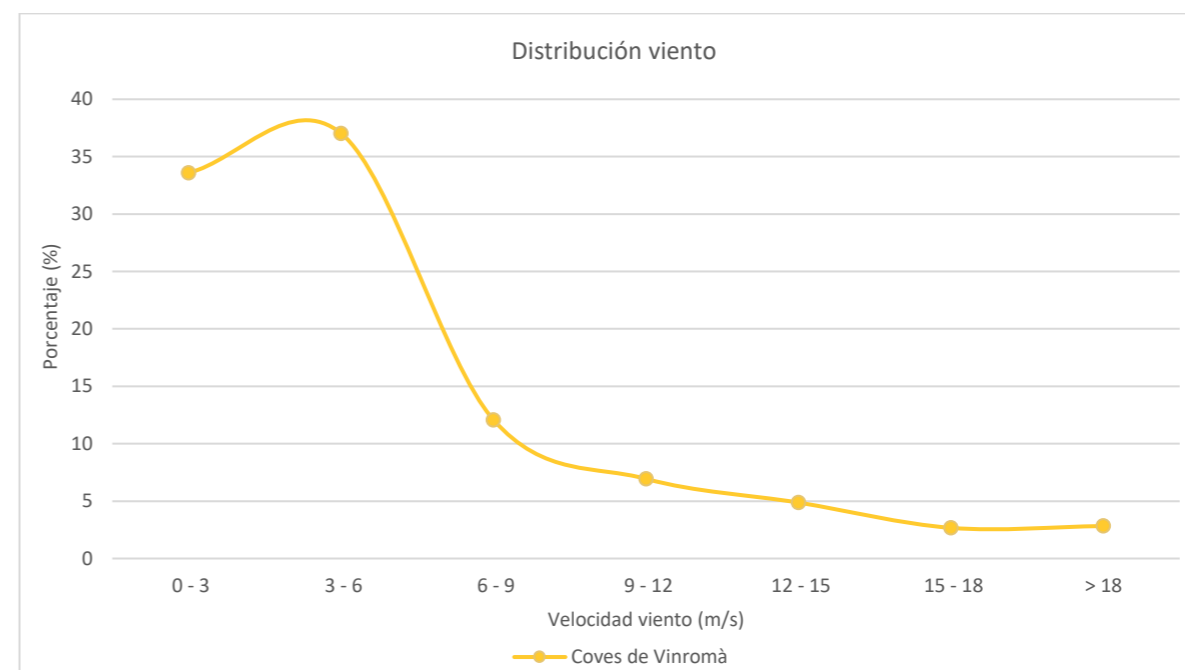


Gráfico 3. Distribución vientos en los emplazamientos posibles sobre los que albergar el parque eólico en la Zona 4 (Fuente: IDAE)

En los 12,96 km<sup>2</sup> de superficie disponible sobre esta zona se encuentra la distancia de mayor dimensión en perpendicular a la dirección predominante del viento correspondiente a 3.940,96 metros; permitiría poder ejecutar una única fila de aerogeneradores o incluso varias de ellas debido a la existencia de distancia suficiente entre ellas para poder albergarlas. Por lo tanto, en ese emplazamiento cabría la posibilidad de instalar un gran número de aerogeneradores y poder alcanzar la potencia de referencia de esta zona establecida por el Plan Eólico sin ningún inconveniente.

Sobre este emplazamiento es posible identificar 580 W/m<sup>2</sup> de densidad de potencia siendo el segundo con mayor valor de esta zona y superando de nuevo por creces el valor indicado por el Atlas Eólico como referencia de recurso eólico aprovechable.

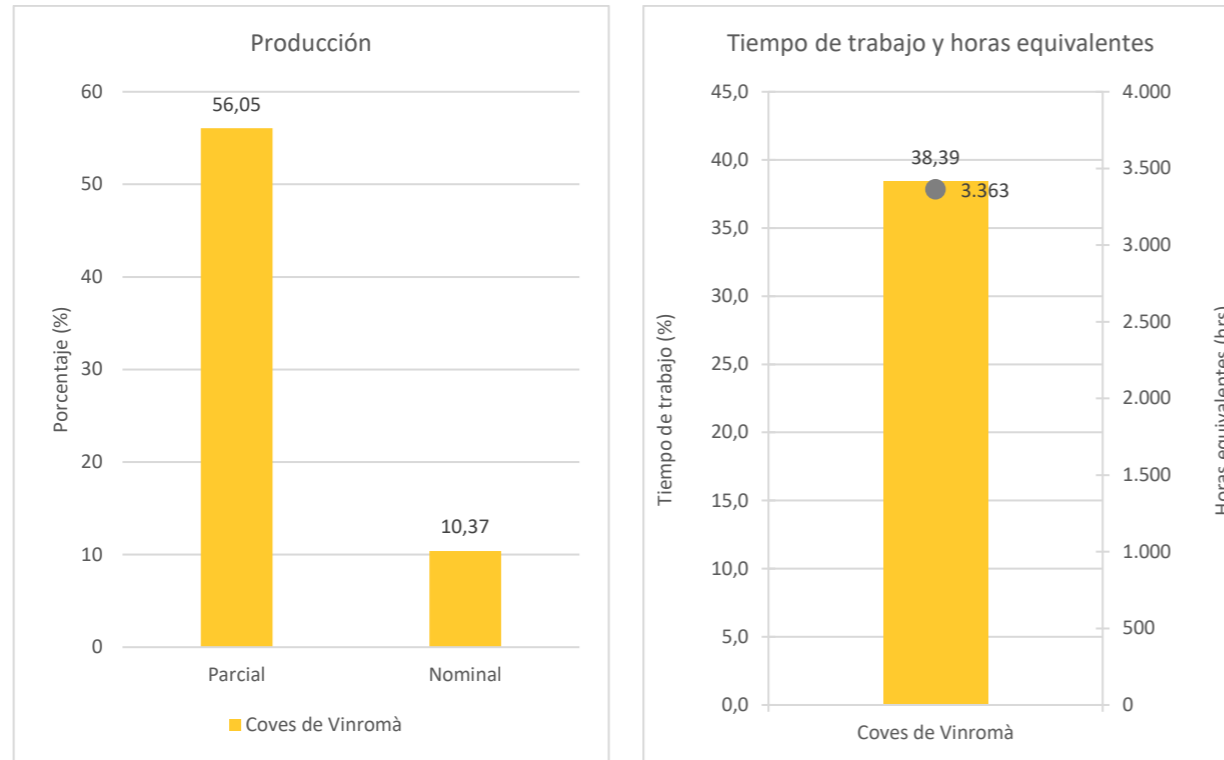


Gráfico 4. Porcentaje de producción, tiempo de trabajo y horas equivalentes de los posibles emplazamientos de la Zona 4 (Fuente: IDAE)

Atendiendo al mapa del sistema eléctrico de España, puede observarse la proximidad de una línea de eléctrica de media tensión tanto por el este del municipio de les Coves de Vinromà.

Asimismo, en el municipio de Morella existe una central eólica que permitirá transformar la energía producida. Aunque, en el municipio de Alcalá de Chivert se encuentra una subestación a una menor distancia.

Todo ello permitiría una adecuada conexión con la red eléctrica.

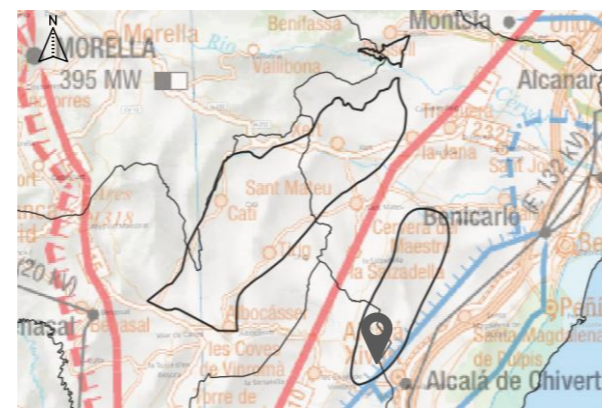


Figura 17. Mapa sistema eléctrico Zona 4 (Fuente: Red Eléctrica de España (REE))

· Criterio logístico

La Asociación Eólica Española (AEE) facilita un mapa nacional sobre el que se ubican las instalaciones e industrias eólicas que permiten el desarrollo del recurso eólico en el país. Puede identificarse que en la extensión que conforma la Comunidad Valenciana se encuentran todo tipo de instalaciones para la fabricación de las componentes, por lo tanto, la logística no presenta ningún tipo de inconveniente al respecto.

Sin embargo, es de gran importancia la distancia a la que se encuentra cada una de las instalaciones en relación con el transporte de las componentes, como ocurre en el caso de las palas. En este caso, la única fábrica de palas de la Comunidad Valenciana se ubica en el municipio de les Coves de Vinromà siendo esto una gran ventaja al coincidir con el emplazamiento donde poder llevar a cabo el aprovechamiento del recurso eólico sobre esta zona.

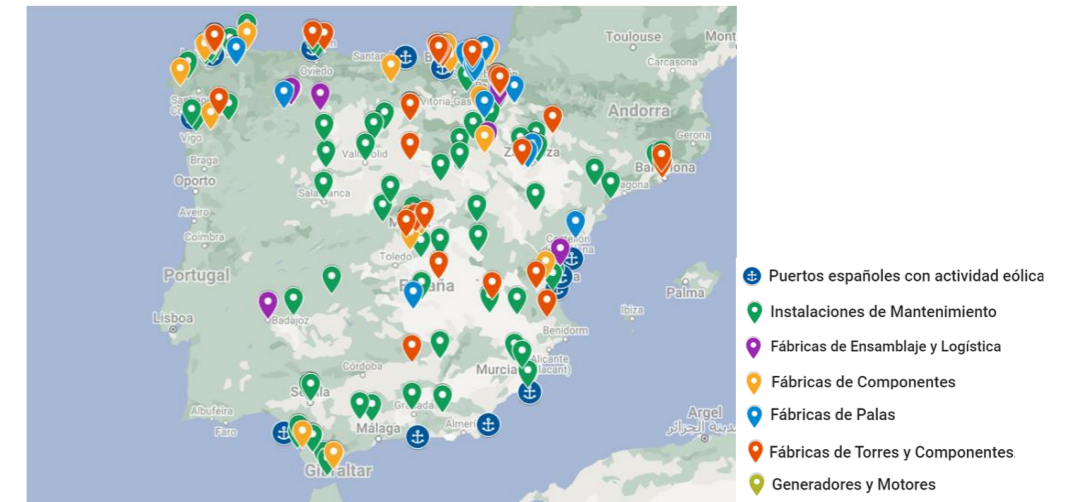


Figura 18. Mapa de instalaciones eólicas de España (Fuente: Asociación Eólica Española)

Es de gran importancia la accesibilidad que exista en la zona para garantizar una seguridad durante su ejecución, siendo necesario el análisis de carreteras y caminos que existan en la zona.

En este caso, el transporte de las palas no es un gran inconveniente, aunque a partir de la carretera CV-10 será posible acceder a las vías pecuarias existentes. Estas últimas serán empleadas durante la ejecución y diseño al reducir el impacto ambiental que se pueda producir.



Figura 19. Red de carreteras y vías pecuarias Zona 4 (Fuente: CEGESEM)

## 6.2. Zona 5

El segundo emplazamiento posible sobre el que diseñar el parque eólico también se ubica en la provincia de Castellón como ocurre con la Zona 4. Aunque, en este caso se encuentra distribuida en la parte central, sureste y suroeste; afectando a cuatro comarcas y a veintidós municipios.

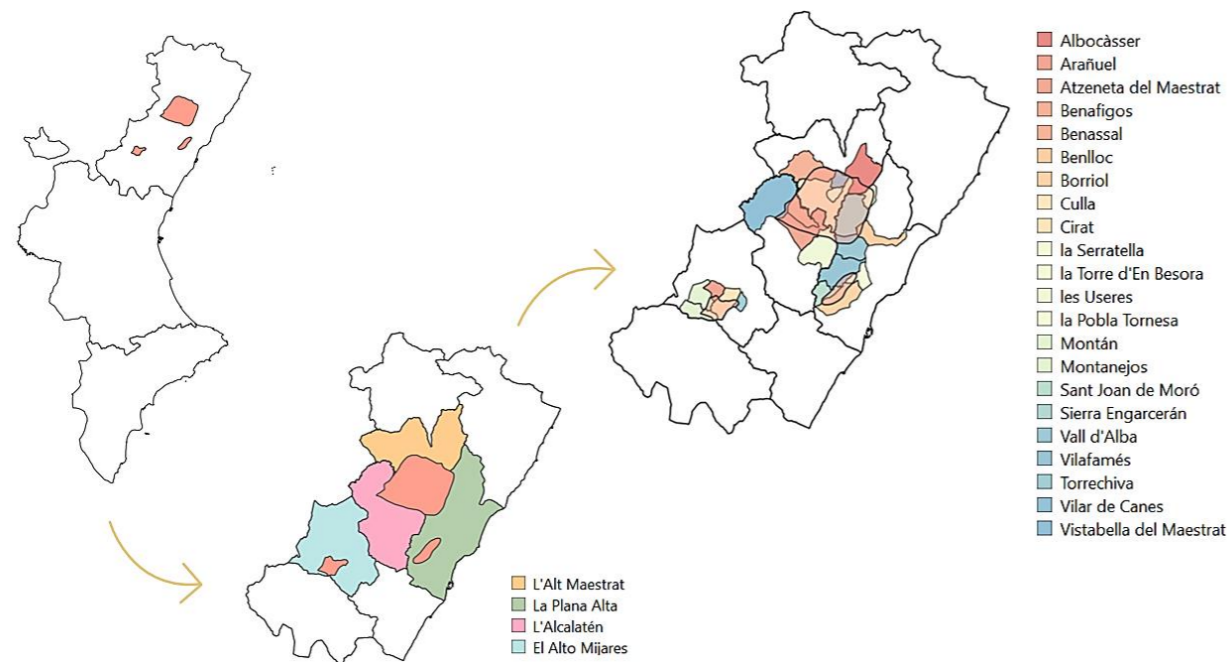


Figura 20. Comarcas y municipios afectados por la Zona 5 (Fuente: propia a partir de GIS)

Esta zona posee una extensión de 460,80 km<sup>2</sup> los cuales se reparten en tres áreas con diferentes peculiaridades entre sí que serán desarrolladas de aquí en adelante.

El área de mayor extensión, ubicada en el centro de la provincia de Castellón, se caracteriza por presentar 384,07 km<sup>2</sup> existiendo numerosos municipios ubicados dentro de la misma, por lo que, se deberán atender con gran atención durante este análisis los diferentes criterios establecidos.

Asimismo, los municipios de Albocàsser y Atzeneta del Maestrat se encuentran en las inmediaciones del límite de esta zona habilitada por el Plan Eólico, por lo que, también se deberá atender la afección que pueda producirse sobre ellos.

El área próxima a la capital de provincia de Castellón ubicada al sureste se caracteriza por presentar la menor de las tres áreas que conforman la Zona 5 con un valor de 37,17 km<sup>2</sup>. En este caso, ningún municipio se ubica dentro de la zona habilitada para el aprovechamiento del recurso eólico, sin embargo, en las inmediaciones del límite de la misma se encuentran grandes municipios como Borriol, l'Alcora, Sant Joan de Moró y Vilafamés.

La última área que conforma la Zona 5 posee una extensión igual a 39,55 km<sup>2</sup> correspondiéndose con la segunda más grande, aunque presenta una gran diferencia con la primera desarrollada. Ubicada al suroeste de la provincia ningún municipio se encuentra dentro de la misma, sin embargo, el municipio de Cirat se ubica justo en la delimitación de dicha zona pues será muy importante la afección que pueda producirse en el mismo.

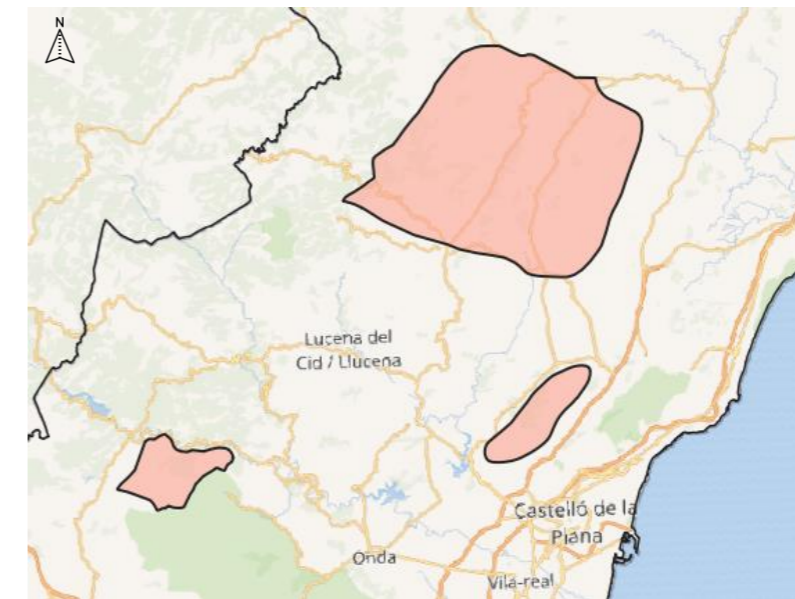


Figura 21. Extensión que conforma la Zona 5 (Fuente: propia a partir de QGIS)

A continuación, se lleva a cabo un análisis de cada una de las tres áreas que forman la Zona 5 con el objetivo de poder llevar a cabo más adelante un correcto análisis multicriterio para determinar el emplazamiento óptimo sobre el que desarrollar el diseño del parque eólico objeto de este trabajo.

### Criterio ambiental y paisajístico

Atendiendo a la clasificación en función de la aptitud de la explotación del recurso eólico llevada a cabo por el Plan Eólico, puede observarse como la mayoría de la extensión que ocupa esta Zona 5 es apta para poder llevar a cabo el aprovechamiento de este tipo de recurso. Únicamente sobre el 5,14% de la superficie, correspondiente con 23,66 km<sup>2</sup>, no podrá emplearse para desarrollar esta actividad al estar identificada como *Zonas No Aptas*. Sin embargo, como puede observarse en la *Figura 22. Aptitudes del aprovechamiento eólico de la Zona 5* la superficie disponible sigue siendo bastante extensa.

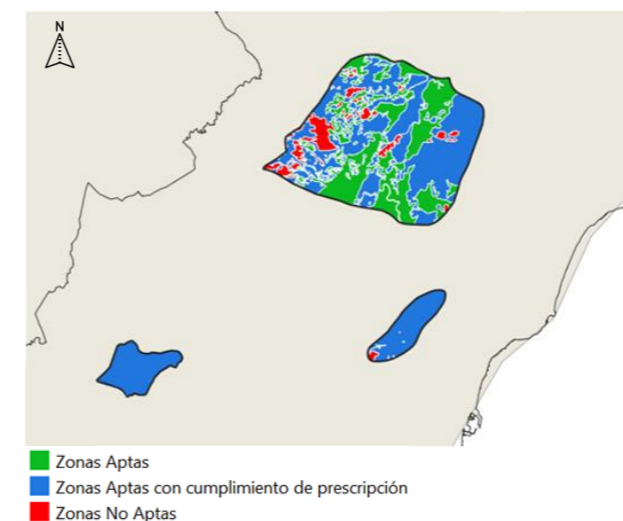


Figura 22. Aptitudes del aprovechamiento eólico de la Zona 5 (Fuente: Plan Eólico de la Comunidad Valenciana)

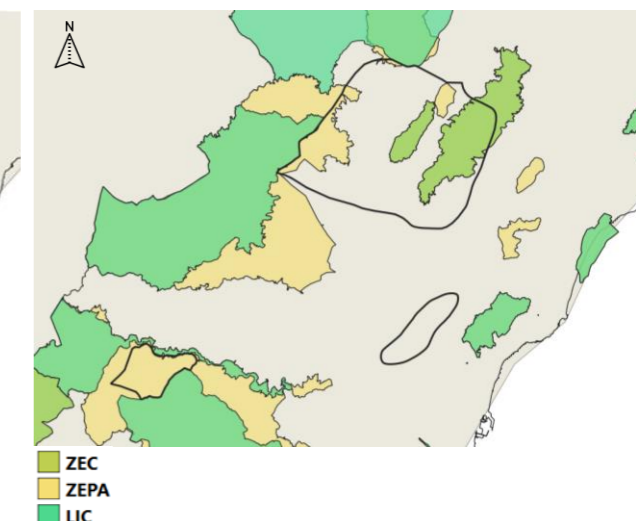


Figura 23. Áreas de conservación de la biodiversidad en la Zona 5 (Fuente: Red Natura 2000)

A partir de la información proporcionada por la Red Natura 2000 pueden identificarse la existencia tanto de *Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA)* como de *Zonas Especiales de Conservación (ZEC)* a las cuales deberán prestarse gran atención por ser incompatible el aprovechamiento eólico sobre ellas.

El área ubicada al suroeste se caracteriza por estar influenciada por una *Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA)* por lo que será desestimada para poder emplazar el parque eólico de este trabajo. Del mismo modo, la mayor parte de la extensión que conforma la zona ubicada al norte se ubican estas zonas de protección sobre las que tampoco podrá ser posible el aprovechamiento eólico.

En la periferia del límite de la Zona 5 existen múltiples parques naturales protegidos, sin embargo, atendiendo a la superficie que nos ocupa pueden identificarse parajes naturales municipales y cuevas que influirán notablemente en la ubicación del parque eólico, ya que estos no podrán verse afectados.

Sobre el área de mayor extensión puede identificarse la *cueva Santa* y el pequeño *Paraje Natural Municipal El Rivet* de únicamente 0,16 km<sup>2</sup>. Asimismo, sobre el área ubicada en el sureste puede identificarse que en el límite que la caracteriza puede encontrarse el *Paraje Natural Municipal El Mollet*.

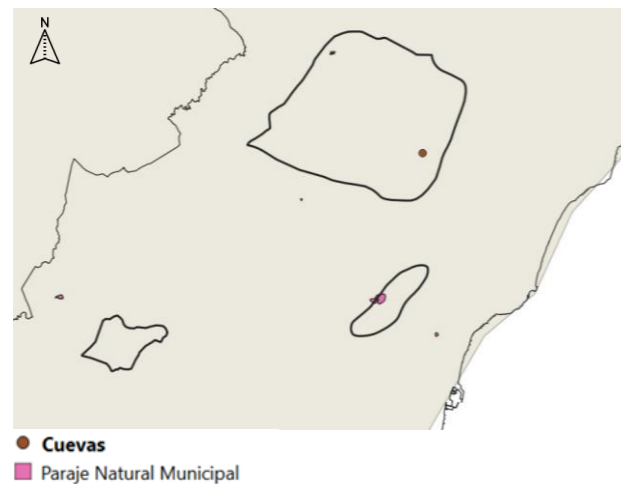


Figura 24. Espacios Naturales Protegidos de la Zona 5  
(Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico)

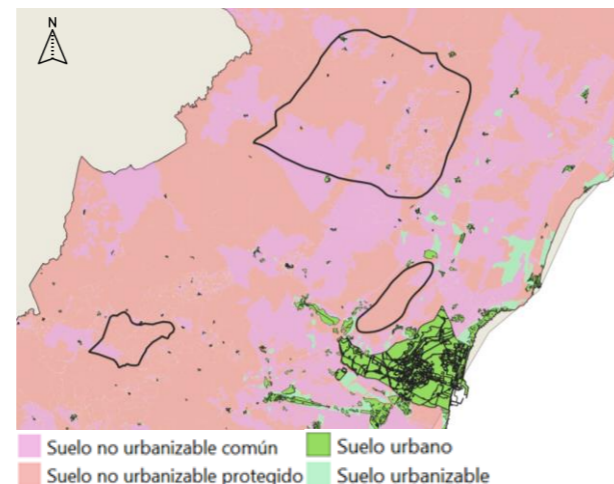


Figura 25. Planeamiento urbanístico de la Zona 5  
(Fuente: Comisiones Territoriales de Urbanismo de la Comunidad Valenciana)

Atendiendo al último condicionante que compone este criterio, el planeamiento urbanístico identifica tres clasificaciones del suelo en la extensión que ocupa la Zona 5. Recalcar que, únicamente se podrá llevar a cabo el aprovechamiento del recurso eólico en los suelos establecidos como no urbanizables o bien sobre suelos urbanizables o urbanos siempre que éste clasificado de uso industrial.

En este caso, el *Suelo no urbanizable protegido* ocupa gran parte de la superficie y sobre él no se podrá llevar a cabo ningún tipo de actuación, por este motivo, todo el lugar que ocupa queda desestimado para el aprovechamiento del recurso eólico.

Sobre los municipios que se ubican dentro de esta zona se identifica *Suelo urbano*, lo que implica que sean un emplazamiento óptimo imposible para el desarrollo de este trabajo. Por último, el resto del área se caracteriza por ser clasificada como *Suelo no urbanizable común* siendo la única capaz de albergar el parque eólico.

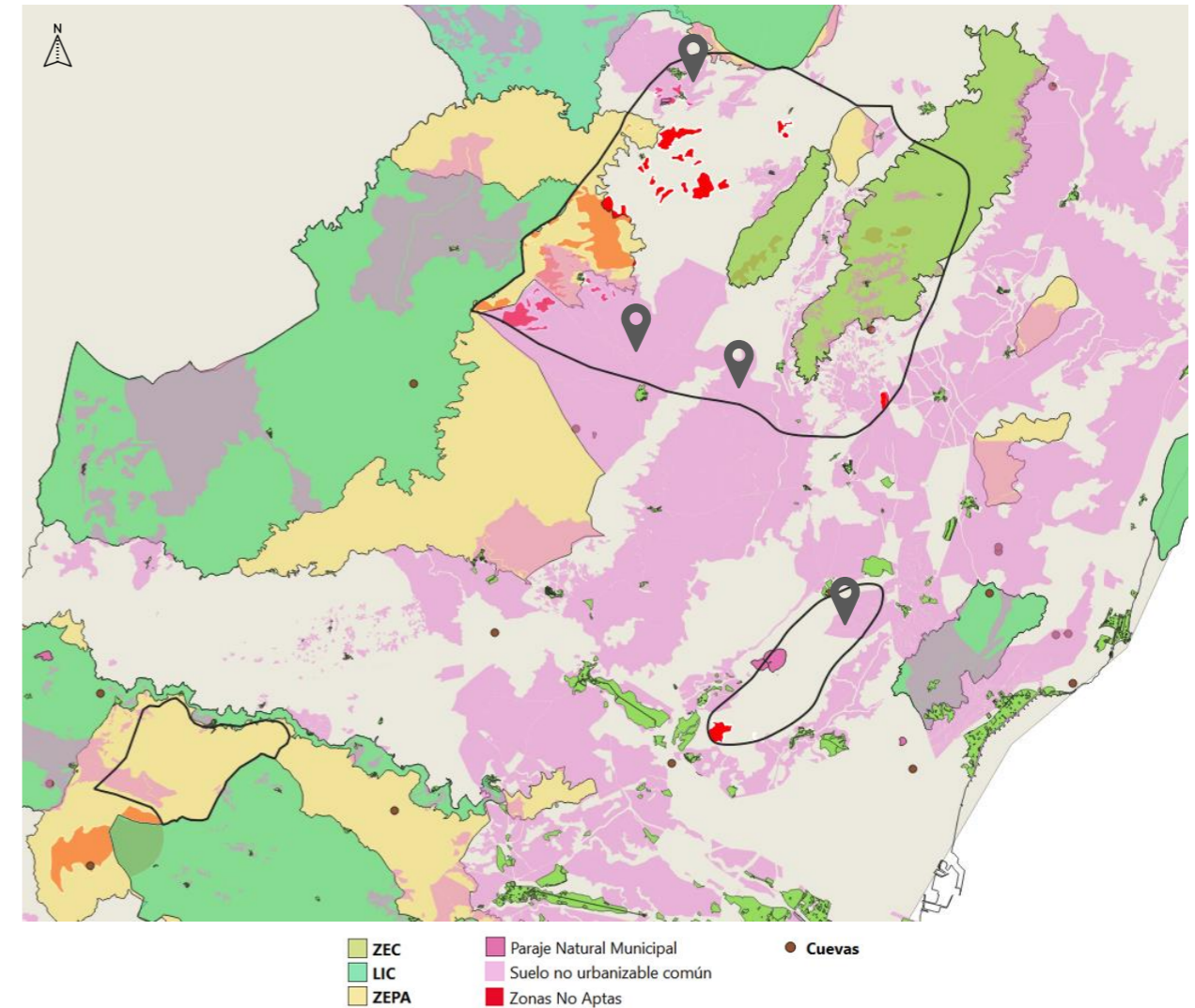


Figura 26. Aprovechamiento eólico disponible de la Zona 5  
(Fuente: propia a partir de QGIS)

Considerados y analizados como afectan los condicionantes que conforman este *“Criterio ambiental y paisajístico”* solamente es posible ubicar el diseño del parque eólico en aquellas zonas que no se sean afectadas ni restringidas por ninguno de ellos. Se emplearán las mismas pautas que en el caso de la zona analizada anterior, desarrolladas en el apartado con el mismo título que este.

De las tres áreas que conforman la Zona 5 únicamente podrá llevarse a cabo el aprovechamiento del recurso eólico sobre dos de ellas sobre las que se pueden identificar distintas superficies de múltiples dimensiones.

Atendiendo a la zona ubicada al sureste únicamente será posible desarrollar el aprovechamiento eólico en noreste de dicha zona, caracteriza por presentar una extensión igual a 5,02 km<sup>2</sup> y por ubicarse los municipios de Vilafamés y La Pobla Tornesa muy próximos.

Sobre el área de máxima extensión que conforma la Zona 5 pueden identificarse distintas zonas sobre las que es posible llevar a cabo el aprovechamiento del recurso eólico, siendo aprovechables 94,53 km<sup>2</sup> repartidos por toda su superficie, estando alguna de ellas en las inmediaciones de algunos municipios.

Por lo tanto, todo esto conlleva que sobre el 21,60% de la superficie de esta zona establecida por el Plan Eólico pueda llevarse a cabo la explotación del recurso eólico.

Sobre ninguno de los cuatro emplazamientos posibles se identifica la existencia de obstáculos que no permitan corrientes de vientos adecuadas tras haber atendido ligeramente el relieve y la dirección predominante de los vientos, por lo que, todos ellos son considerados para el análisis del resto de criterios.

· Criterio energético

Procediendo con el mismo criterio llevado a cabo en la zona anteriormente desarrollada, redactado en el capítulo con este mismo nombre del apartado 6.1. *Zona 4 - Criterio energético*, se va a llevar a cabo un análisis del recurso eólico a partir de los porcentajes de tiempo del viento que permitirían una producción óptima de las zonas establecidas en el *"Criterio ambiental y paisajístico"* como posibles sobre las que diseñar el parque eólico.

Atendiendo a la zona más cercana a los municipios de Vilafamés y La Pobla Tornesa el viento medio se caracteriza por presentar una velocidad igual a 5,5225 m/s siendo suficiente para producir el arranque de producción. La rosa de los vientos permite determinar que del tiempo con viento útil durante el 57,01% se obtendría producción parcial, aunque únicamente se alcanzaría una producción nominal durante el 4,18% del tiempo siendo el menor valor que se podría alcanzar en esta zona. Llevando a cabo la misma suposición que en la Zona 4, puede determinarse que se alcanzaría un porcentaje de trabajo correspondiente al 32,69% del tiempo equivalente a 2.863 horas.

Esta zona únicamente posee una extensión igual a 5,02 km<sup>2</sup> para poder aprovechar el recurso eólico, sin embargo, se identifican 4.044,15 metros de longitud en línea recta a la perpendicular de la dirección predominante de los vientos siendo suficiente para poder albergar el número necesario de aerogeneradores en una única fila para alcanzar la potencia mínima. Cabe la posibilidad de disponer otra fila de aerogeneradores a la distancia mínima requerida, por lo que, incluso se podría valorar la instalación de una mayor potencia e incluso alcanzar la de referencia indicada por el Plan Eólico en esta zona (145 MW).

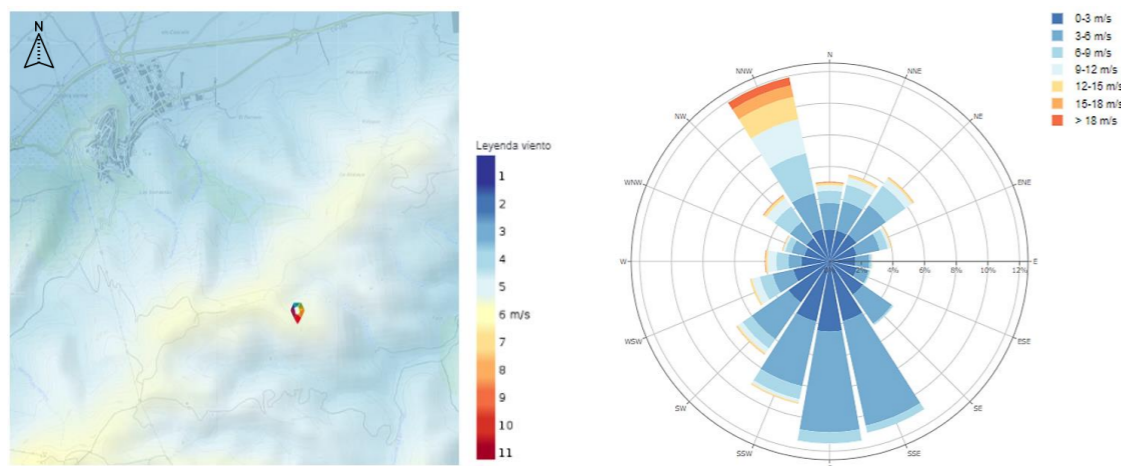


Figura 27. Velocidad media viento y rosa de los vientos a 100m de altura en el municipio de Vilafamés y La Pobla Tornesa, Zona 5 (Fuente: IDAE)

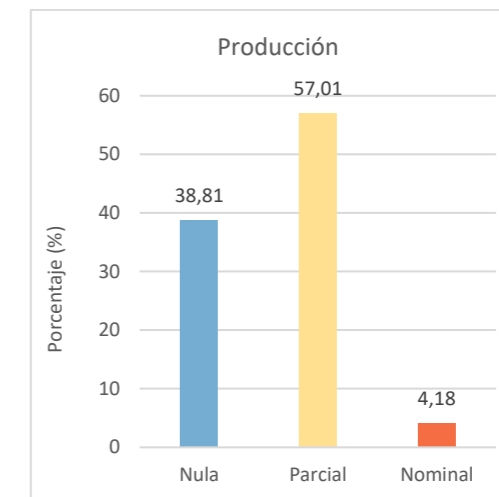
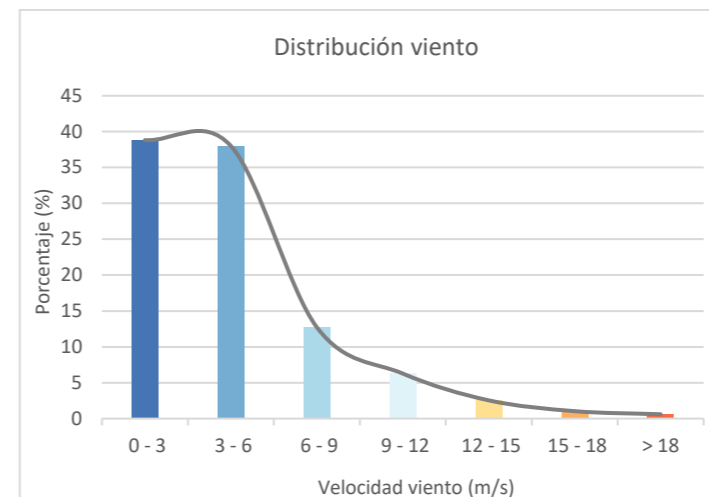


Gráfico 5. Distribución vientos y porcentajes de producción en el municipio de Vilafamés y La Pobla Tornesa, Zona 5 (Fuente: IDAE)

Atendiendo a la densidad de potencia que podría alcanzarse en este emplazamiento pueden identificarse valores máximos correspondientes a 408 W/m<sup>2</sup> superando con creces el valor indicado por el Atlas Eólico como referencia de recurso eólico aprovechable, aunque en la mayor parte de su extensión se identifican valores muy próximos al de referencia.

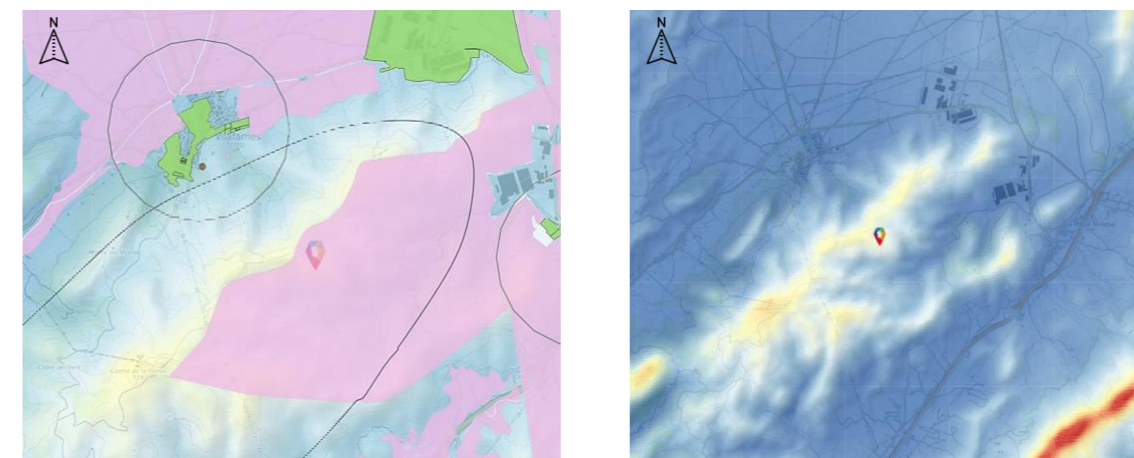


Figura 28. Espacio disponible y densidad de potencia en el municipio de Vilafamés y La Pobla Tornesa, Zona 5 (Fuente: IDAE)

Sobre el área de mayor extensión que constituye la Zona 5 pueden identificarse valores medios de la velocidad del viento muy diversos, sin embargo, se van a atender únicamente unas zonas específicas atendiendo a lo analizado en el *"Criterio ambiental y paisajístico"* indicadas y desarrolladas a continuación.

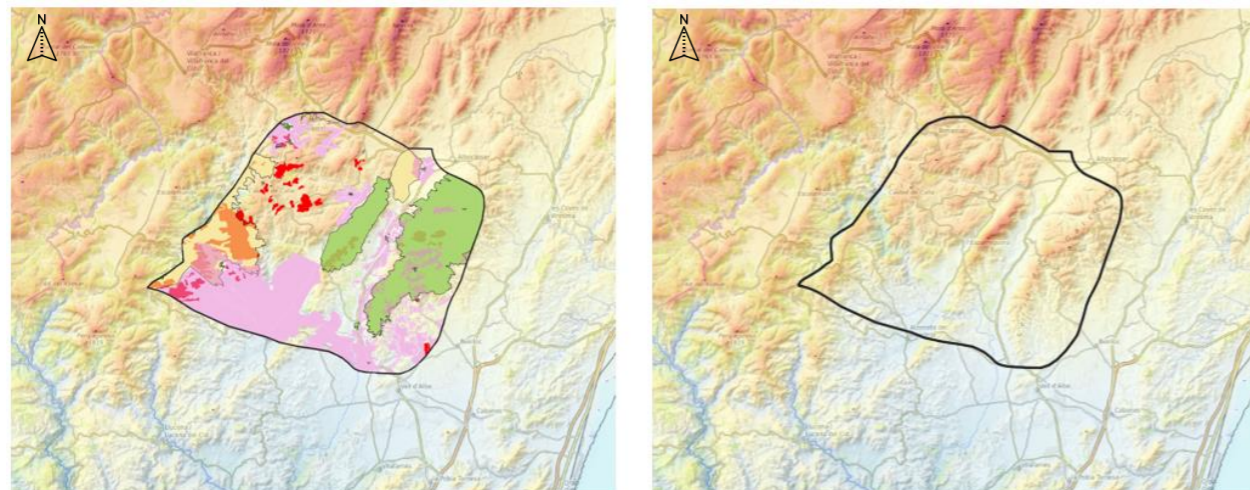


Figura 29. Velocidad media viento sobre el área de mayor extensión de la Zona 5 (Fuente: IDAE)

Atendiendo la zona que va de norte a sur pasando por el este se obtienen valores medios altos de la velocidad media del viento, sin embargo, entre algunas superficies disponibles se encuentran Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), Zonas Especiales de Conservación (ZEC) y Zonas No Aptas lo que implica su desestimación para la implantación del parque eólico sobre ellas.

Finalmente, se atenderán otros tres posibles emplazamientos sobre los que llevar a cabo la ejecución del parque eólico. Una de ellas se encuentra en las inmediaciones del municipio de Benasal al norte-noroeste de la superficie habilitada, sin embargo, las dos restantes se encuentran en el sur encontrándose una de ellas más al suroeste.

La zona establecida en las inmediaciones del municipio de Benasal se caracteriza por presentar una velocidad media del viento igual a 6,2515 m/s lo que implica que sea identificada como zona de mayor recurso además de ser el mayor de los analizados. Atendiendo a los porcentajes de tiempo de viento útil, la producción parcial se produciría durante el 56,84% del tiempo situándose en segundo lugar con mayor porcentaje de tiempo en este tipo de producción, sin embargo, presenta el mayor porcentaje de producción nominal durante el 14,71%. Este emplazamiento permitiría el mayor porcentaje de tiempo de trabajo con el 43,13% correspondiéndose con 3.778 horas equivalentes.

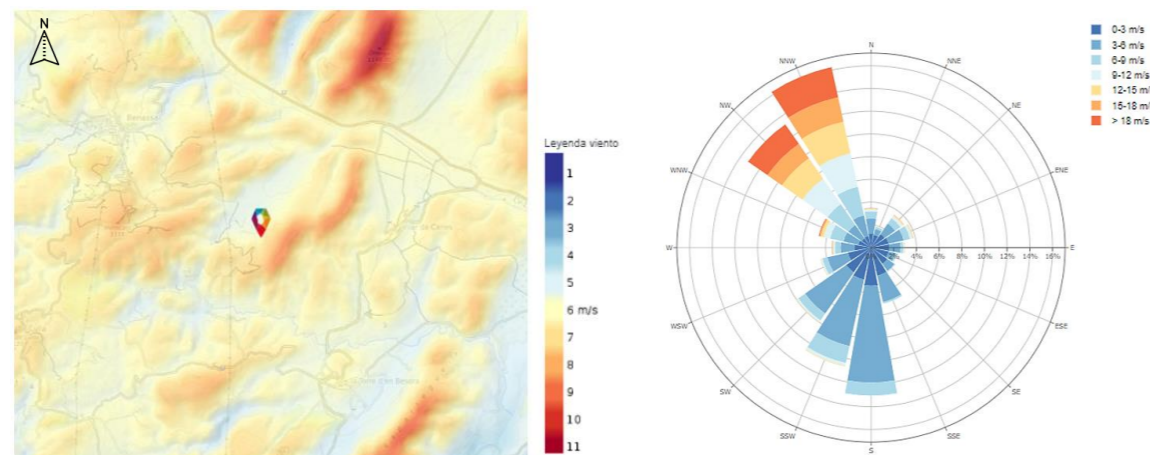


Figura 30. Velocidad media viento y rosa de los vientos a 100m de altura en las inmediaciones del municipio de Benasal, Zona 5 (Fuente: IDEIA)

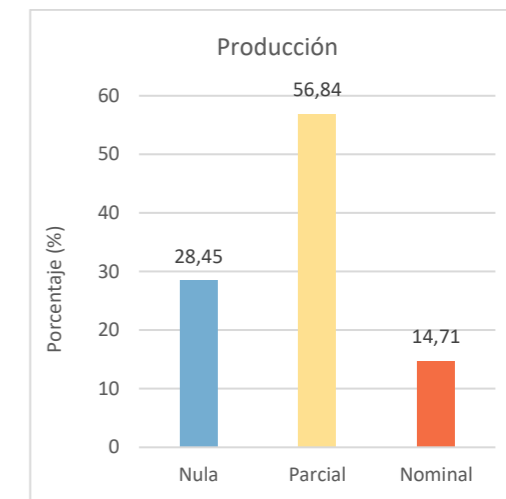
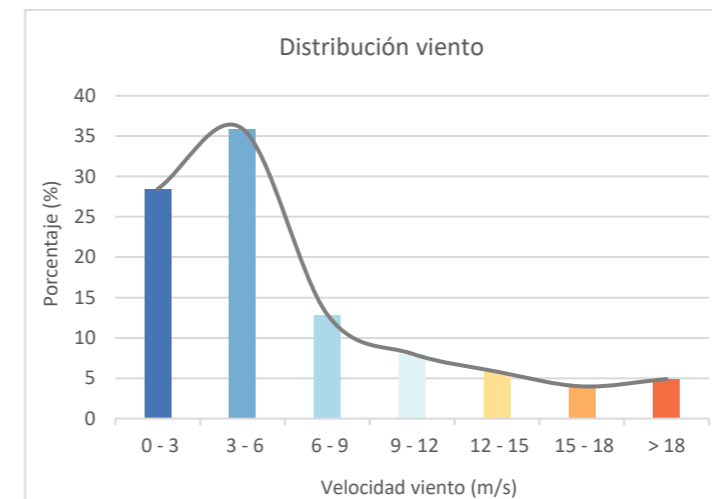


Gráfico 6. Distribución vientos y porcentajes de producción en las inmediaciones del municipio de Benasal, Zona 5 (Fuente: IDEIA)

Únicamente 2,77 km<sup>2</sup> podrán ser empleados para llevar a cabo el aprovechamiento del recurso eólicos, siendo aproximadamente la mitad que en el caso anterior. Se verifica la posibilidad de realizar una fila de aerogeneradores de 3.767,66 metros de longitud en perpendicular a la dirección predominante de los vientos, aunque cabe recalcar que en este caso se debería emplear el rotor de menor diámetro y la imposibilidad de otra fila de aerogeneradores por la falta de espacio, por lo que, no podría instalarse una mayor potencia.

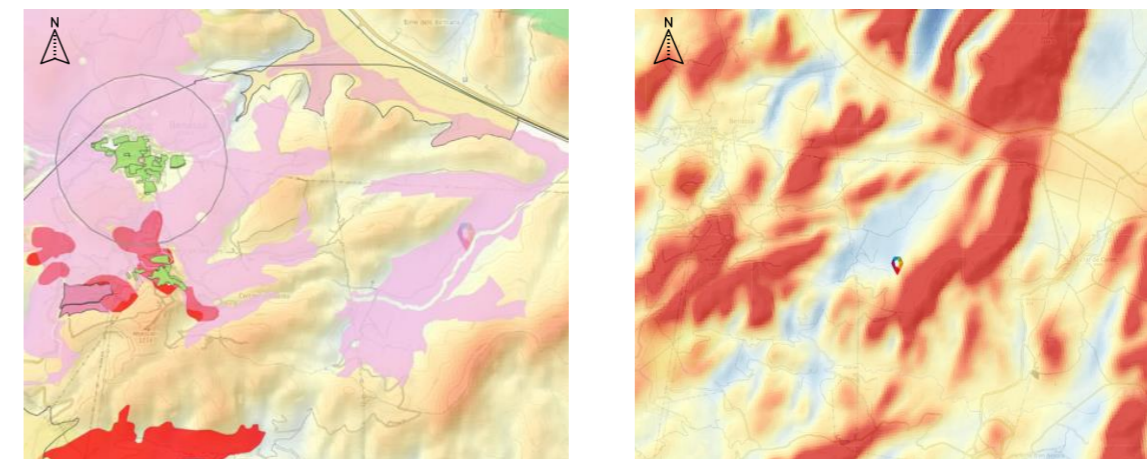


Figura 31. Espacio disponible y densidad de potencia en las inmediaciones del municipio de Benasal, Zona 5 (Fuente: IDEIA)

Por último, atendiendo a la densidad de potencia pueden obtenerse en algunas zonas valores mayores que en el caso anterior correspondientes a 500 W/m<sup>2</sup>, aunque predominan valores entorno 350 W/m<sup>2</sup> superando el valor indicado por el Atlas Eólico como referencia de recurso eólico aprovechable.

El siguiente emplazamiento posible se encuentra en el suroeste de la zona habilitada para el aprovechamiento eólico entre los municipios de Benafigs y Atzeneta del Maestrat cuya velocidad media del viento se corresponde con el menor valor igual a 4,3987 m/s aunque es suficiente para el arranque de producción.

Atendiendo a los porcentajes de tiempo de viento útil se produciría una producción parcial durante el 43,71% del tiempo, menor en comparación con los casos anteriores, sin embargo, la producción nominal aumentaría durante el 8,86% situándose en el segundo mayor valor de los emplazamientos analizados. Sin embargo, este emplazamiento únicamente permitiría disponer de 30,71% de tiempo de trabajo, es decir, 2.690 horas equivalentes lo que le sitúa en tercer lugar.

Esta zona se caracteriza por presentar 19,51 km<sup>2</sup> aprovechables sobre los cuales se pueden identificar 6.498,44 metros de longitud en la perpendicular de la dirección predominante de los vientos siendo más que suficiente para albergar los aerogeneradores en una misma fila o incluso poder emplazar otra a la distancia mínima requerida. Además de poder alcanzar sin ningún inconveniente la potencia de referencia indicada por el Plan Eólico.

Atendiendo a la densidad de potencia pueden obtenerse valores alrededor de 310 - 280 W/m<sup>2</sup> correspondientes a valores muy próximos al indicado por el Atlas Eólico como referencia de recurso eólico aprovechable como puede identificarse en todos los emplazamientos analizados hasta ahora.

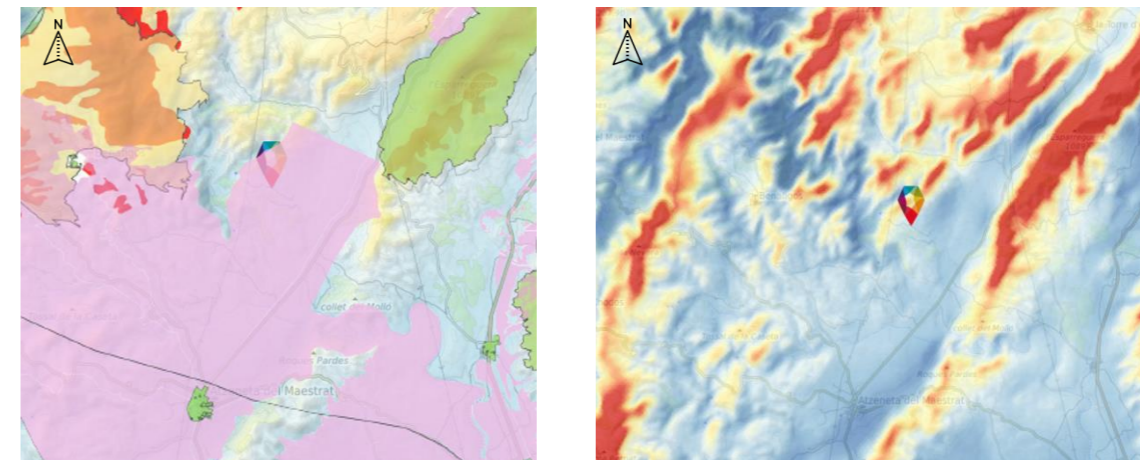


Figura 33. Espacio disponible y densidad de potencia entre los municipios de Benafigos y Atzeneta del Maestrat, Zona 5 (Fuente: IDEA)

Por último, el área al este del municipio de Atzeneta del Maestrat se caracteriza por presentar una velocidad media del viento igual a 5,2812 m/s suficiente para producirse el arranque de las palas. La rosa de los vientos permite determinar que del tiempo con viento útil durante el 43,53% del tiempo se obtendría una producción parcial, correspondiéndose con el menor valor de los emplazamientos analizados. Únicamente se alcanzaría una producción nominal durante el 7,27% del tiempo siendo un porcentaje bajo, pero no el menor de los que se producirían en esta zona.

En este caso, podría alcanzarse un porcentaje de tiempo de trabajo correspondiente al 29,03% del tiempo lo cual implicaría una producción de 2.543 horas equivalentes de trabajo durante un año, correspondiéndose con el menor tiempo de trabajo que se podría obtener sobre esta Zona 5.

Este emplazamiento se caracteriza por presentar una de las menores superficies sobre las que emplazar el diseño del parque eólico (5,37 km<sup>2</sup>) aunque se identifica una longitud de 4.351,3 metros en la perpendicular a la dirección predominante del viento para albergar los 15 aerogeneradores en una única fila y así poder alcanzar 30 MW de potencia. Sin embargo, no existe la posibilidad de albergar otra fila de aerogeneradores por la falta de espacio y con ello no se podría aumentar la potencia a instalar.

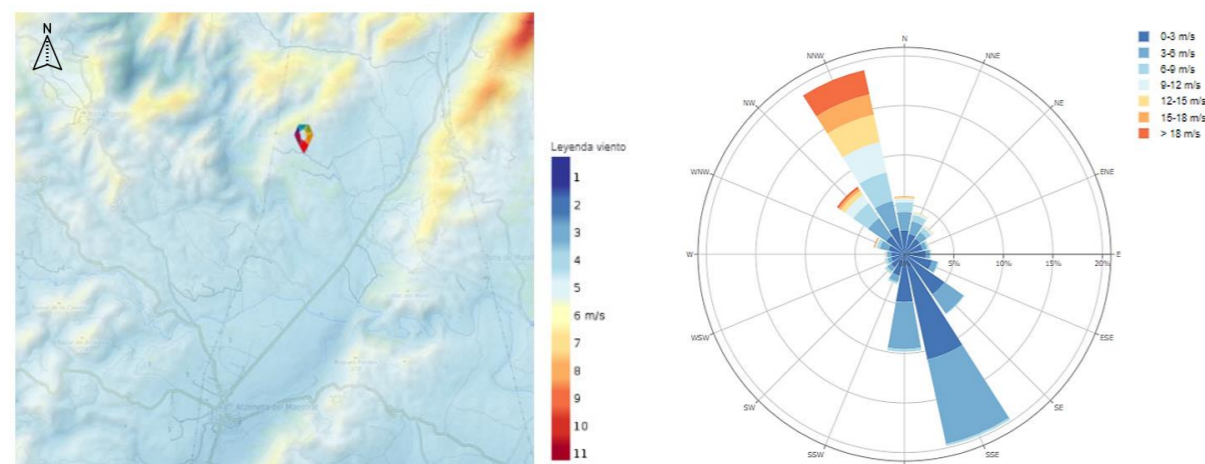


Figura 32. Velocidad media viento y rosa de los vientos a 100m de altura entre los municipios de Benafigos y Atzeneta del Maestrat, Zona 5 (Fuente: IDEA)

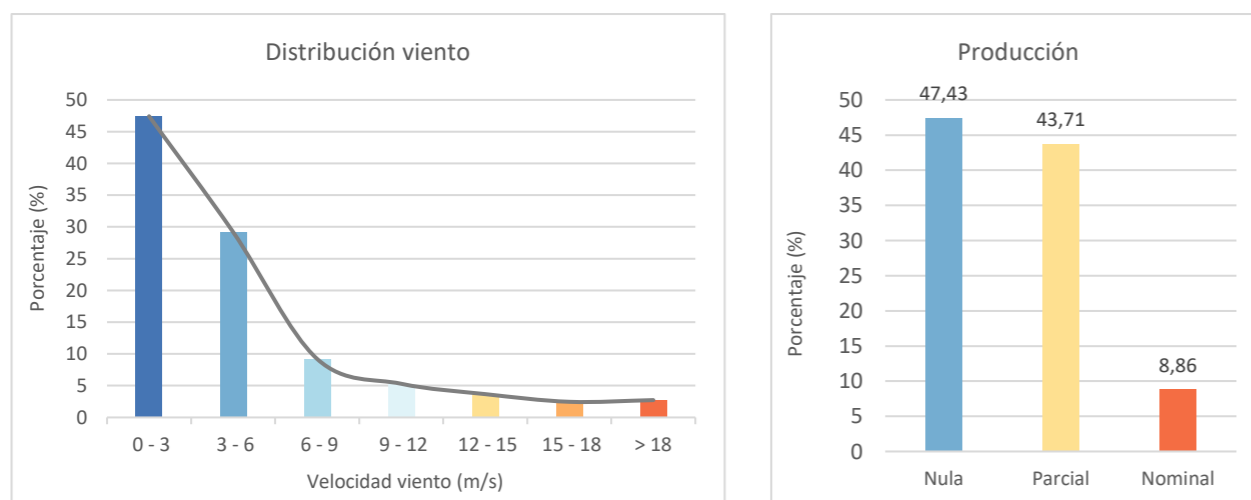


Gráfico 7. Distribución vientos y porcentajes de producción entre los municipios de Benafigos y Atzeneta del Maestrat, Zona 5 (Fuente: IDEA)

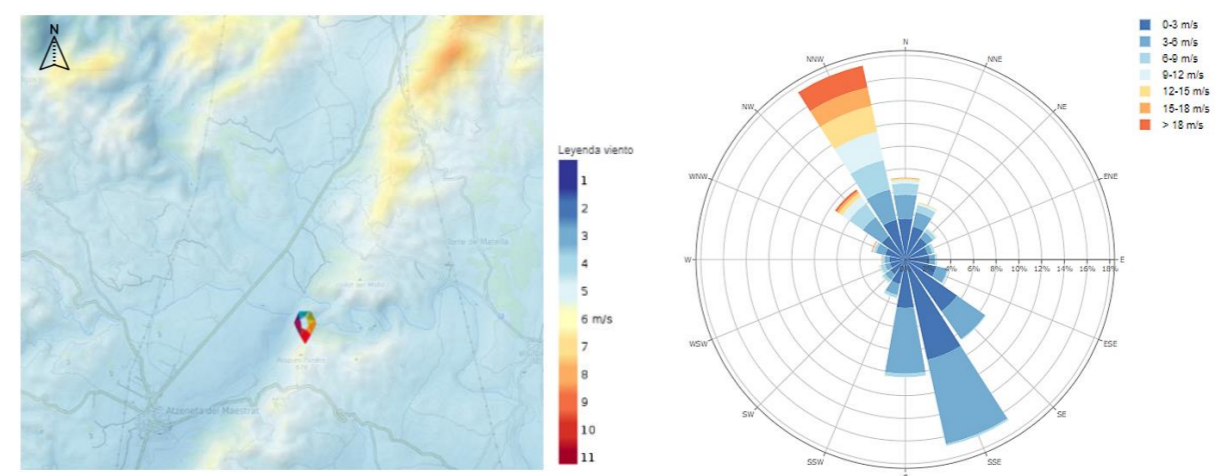


Figura 34. Velocidad media viento y rosa de los vientos a 100m de altura al este del municipio de Atzeneta del Maestrat, Zona 5 (Fuente: IDEA)

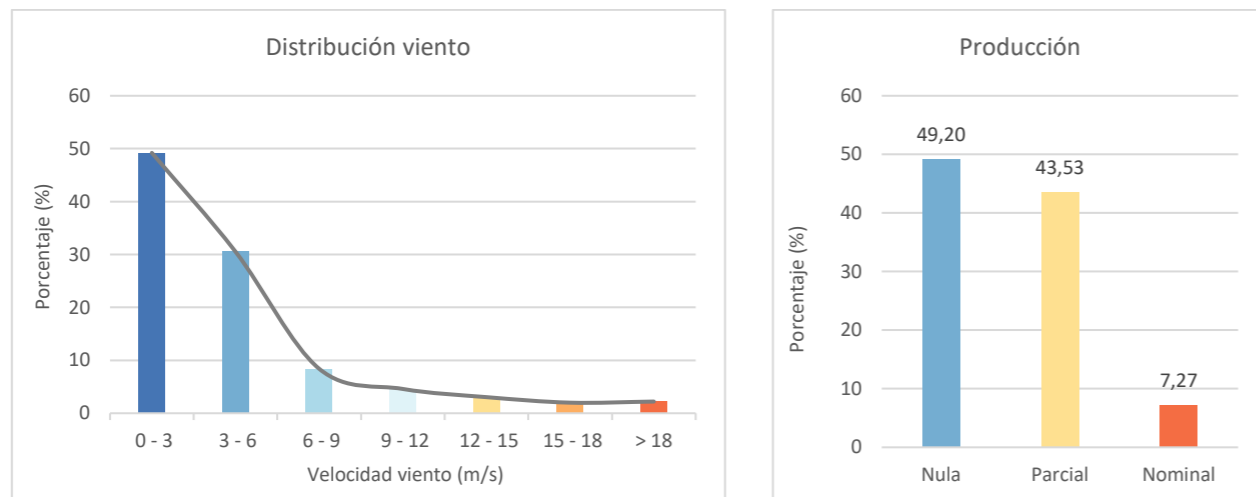


Gráfico 8. Distribución vientos y porcentajes de producción al este del municipio de Atzeneta del Maestrat, Zona 5 (Fuente: IDEA)

Sobre este emplazamiento es posible identificar 605 W/m<sup>2</sup> de densidad de potencia siendo el mayor valor de esta zona y superando de nuevo por creces el valor indicado por el Atlas Eólico como referencia de recurso eólico aprovechable.

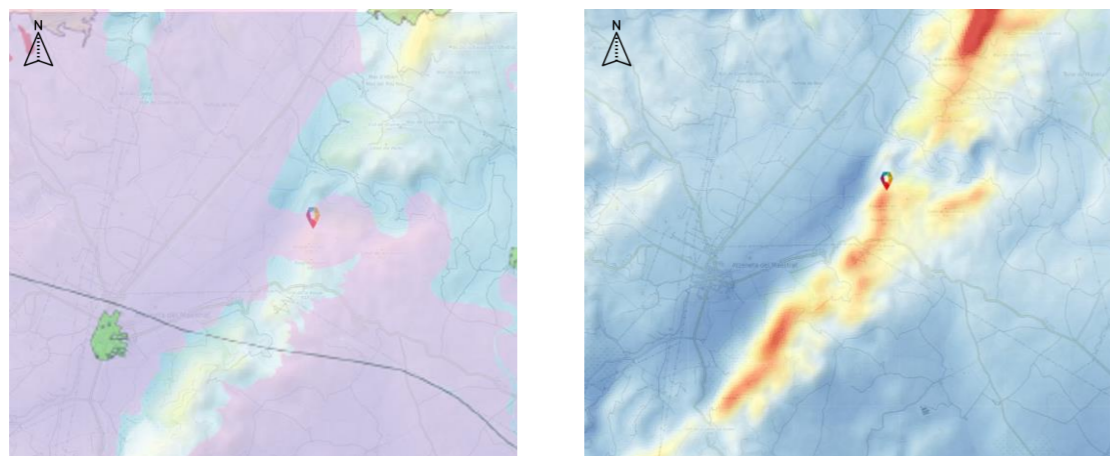


Figura 35. Espacio disponible y densidad de potencia al este del municipio de Atzeneta del Maestrat, Zona 5 (Fuente: IDEA)

Tras analizar los datos obtenidos de cada uno de los emplazamientos posibles de esta zona, puede verificarse una semejanza considerable entre ellos.

Atendiendo a los dos últimos emplazamientos analizados, el primero de ellos ubicado entre el municipio de Benafigos y Atzeneta del Maestrat y el segundo al este del municipio de Atzeneta del Maestrat, junto con el primer emplazamiento comentado entre el municipio de Vilafamés y la Poble Tornos; pueden identificarse porcentajes de tiempo de trabajo muy similares sin prestar ninguna diferencia significativa.

Sin embargo, prestando atención a las horas equivalentes de trabajo durante un año los tres emplazamientos se encuentran en una diferencia de más de 1.000 horas con el emplazamiento ubicado en el municipio de Benasal, por lo que, no se corresponderán con los óptimos para albergar sobre ellos el parque eólico atendiendo únicamente a este factor.

Como se ha indicado anteriormente, el emplazamiento ubicado en el municipio de Benasal permitiría obtener el mayor porcentaje de tiempo de trabajo de 43,13% lo que implicaría una producción de 3.778 horas equivalentes de trabajo durante un año. Presentaría el mayor potencial eólico sobre esta zona atendiendo únicamente este factor que conforma el "Criterio energético", sin embargo, se deberá atender al resto de restricciones procediendo de la misma manera que al finalizar este criterio de la Zona 4.

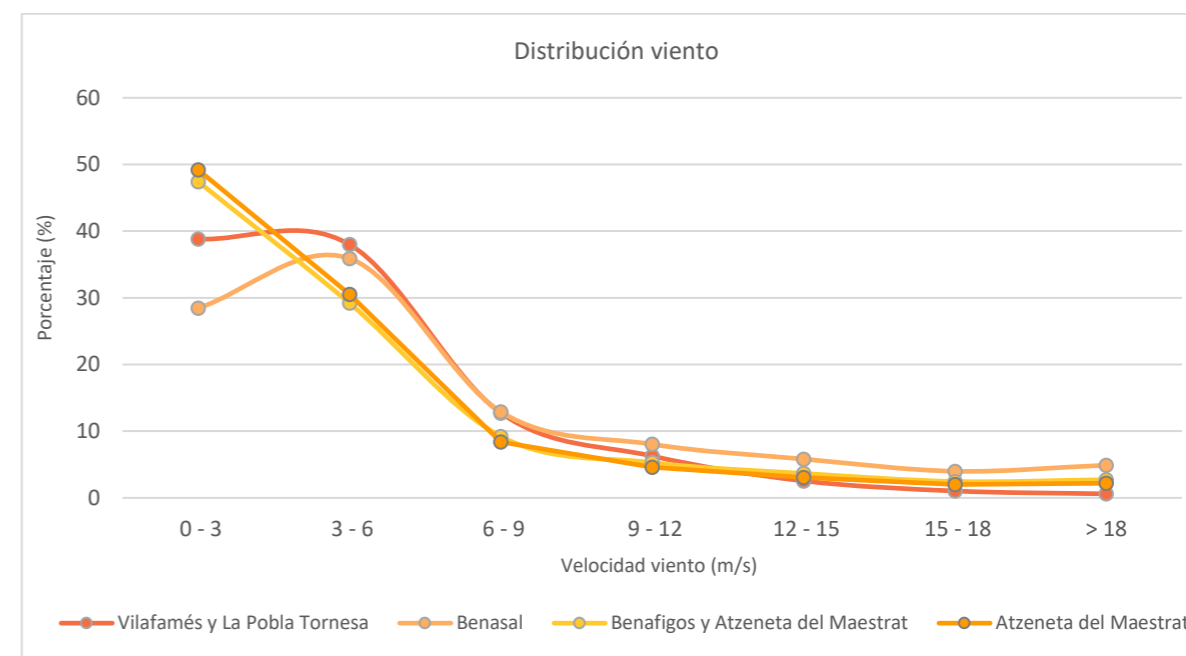


Gráfico 9. Distribución vientos en los emplazamientos posibles sobre los que albergar el parque eólico en la Zona 5 (Fuente: IDAE)

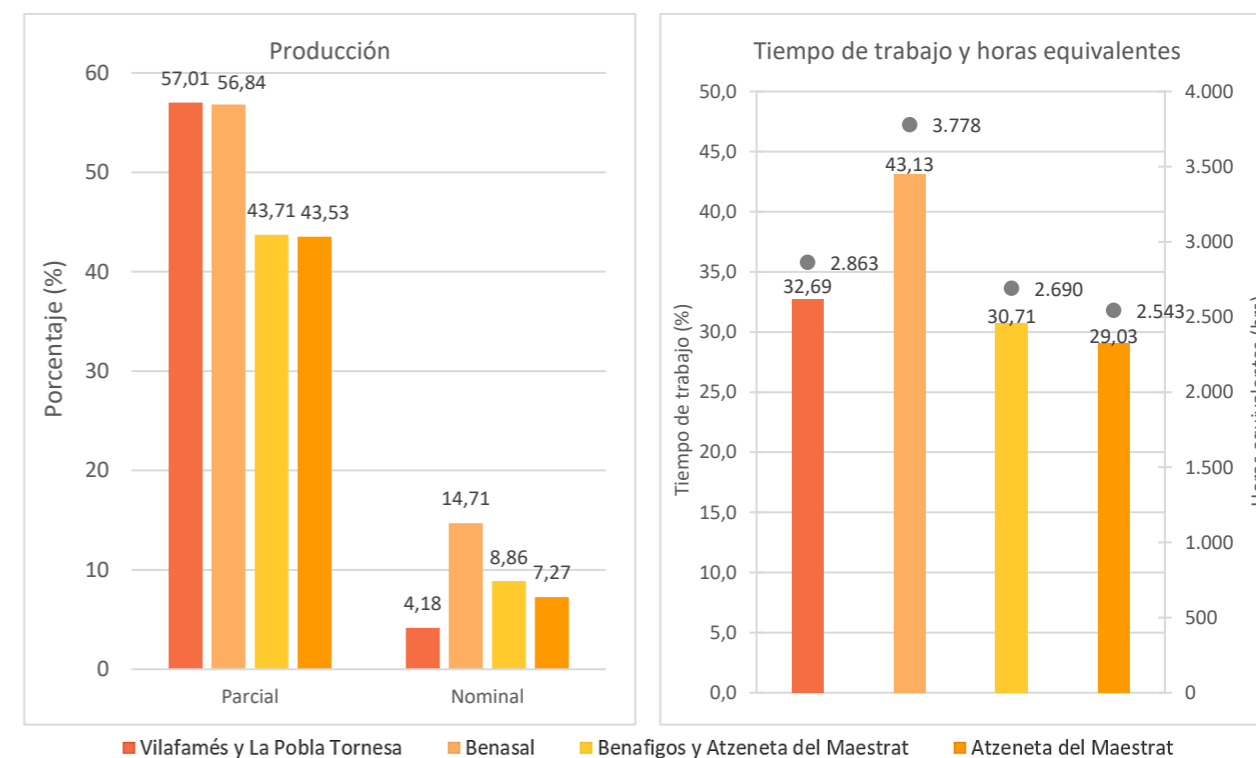


Gráfico 10. Porcentaje de producción, tiempo de trabajo y horas equivalentes de los posibles emplazamientos de la Zona 4 (Fuente: IDAE)



	Tiempo de trabajo (%)	Horas equivalentes (hrs)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Longitud en perpendicular a la dirección predominante del viento (m)	Facilidad instalación	Posible alcanzar potencia de referencia	Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> )
Vilafamés y La Pobra Tornesa	32,69	2.863	5,02	4.044,15	Si	Si	408
Benasal	43,13	3.778	2,77	3.767,66	Si	No	350
Benafigos y Atzeneta del Maestrat	30,71	2.690	19,41	6.498,44	Si	Si	300
Atzeneta del Maestrat	29,03	2.543	5,37	4.351,30	Si	No	605

Tabla 5. Recapitulación de los condicionantes del "criterio energético" de la Zona 5 (Fuente: propia)

Atendiendo a el porcentaje de tiempo de trabajo que forma parte de este "Criterio energético" el ubicado en las inmediaciones del municipio de Benasal sería el óptimo para albergar el parque eólico sobre él, sin embargo, es necesario considerar el resto de las restricciones desarrolladas. Por este motivo, a cada uno de ellos se les ha asignado un peso en porcentaje en función de su repercusión para el desarrollo de este trabajo con el objetivo de poder justificar y determinar de una manera más sencilla y eficaz el emplazamiento óptimo.

	Tiempo de trabajo	Horas equivalentes	Superficie	Longitud en perpendicular a la dirección predominante del viento	Facilidad instalación	Posible alcanzar potencia de referencia	Densidad de potencia
Peso (%)	20	20	10	15	10	10	15

Tabla 6. Porcentaje de pesos asignado a cada condicionante (Fuente: propia)

Previo a la aplicación de los porcentajes de peso es necesario asignar una puntuación a cada uno de los municipios en función de los condicionantes analizados, por ello, se asignan tres valores distintos con la misma diferencia entre 7,5 y 10 atendiendo la posición en la que se encuentre cada uno de los emplazamientos. En la siguiente *Tabla 7* se encuentran los asignados a este caso en la Zona 5.

Tras aplicar los porcentajes de peso indicados anteriormente, el emplazamiento ubicado en las inmediaciones de los municipios de Vilafamés y la Pobra Tornesa presenta el valor más próximo a 10, por lo que, es considerado como el óptimo para albergar el parque eólico y con ello únicamente se atenderá para el desarrollo de los siguientes condicionantes.

	Puntuación
Vilafamés y La Pobra Tornesa	<b>9,13</b>
Benasal	8,88
Benafigos y Atzeneta del Maestrat	8,96
Atzeneta del Maestrat	8,54

	Tiempo de trabajo (%)	Horas equivalentes (hrs)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Longitud en perpendicular a la dirección predominante del viento (m)	Facilidad instalación	Posible alcanzar potencia de referencia	Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> )
Vilafamés y La Pobra Tornesa	9,17	9,17	8,34	8,34	10	10	9,17
Benasal	10	10	7,5	7,5	10	7,5	8,34
Benafigos y Atzeneta del Maestrat	8,34	8,34	10	10	10	10	7,5
Atzeneta del Maestrat	7,50	8	9,17	9,17	10	7,5	10

Tabla 7. Puntuación de cada condicionante atendiendo a los municipios analizados de la Zona 5 (Fuente: propia)

Atendiendo al mapa del sistema eléctrico de España, puede observarse como la línea de alta tensión transcurre tanto por el municipio de Benasal como por el municipio de La Pobra Tornesa.

Del mismo modo, se encuentra una subestación muy próxima al municipio de Benasal que permitirá transformar la energía producida. Existiendo más en las inmediaciones del otro emplazamiento. Por lo tanto, todo ello permitiría de manera muy favorable la conexión con la red eléctrica.



Figura 36. Mapa sistema eléctrico Zona 5 (Fuente: Red Eléctrica de España (REE))

· Criterio logístico

La ubicación de las instalaciones eólicas que permiten el desarrollo de este tipo de recurso puede observarse en la *Figura 18. Mapa de instalaciones eólicas de España*. En este caso, como en el caso anterior desarrollado en el apartado 6.1. *Zona 4* no se encuentra la ausencia de algún tipo de componente en sus inmediaciones, incluso se observa la gran ventaja de encontrarse la fábrica de palas de la Comunidad Valenciana en el municipio de les Coves de Vinromà. Ubicada a 22,5 kilómetros hasta del emplazamiento ubicado en las inmediaciones de La Pobla Tornesa.

Para finalizar con este criterio, la accesibilidad a dicha zona puede llevarse a cabo a partir de las vías pecuarias que pueden encontrarse en las inmediaciones donde tienen comunicación a partir de la CV-10 y la CV-160 ambas situadas al este y al norte del posible emplazamiento. Permitirá garantizar una buena comunicación y seguridad durante el transporte de los elementos que lo conforman y su ejecución.



*Figura 37. Red de carreteras y vías pecuarias en el emplazamiento ubicado entre Vilafamés y La Pobla Tornesa, Zona 5 (Fuente: CEGESEM)*

### 6.3. Zona 13

La siguiente zona a analizar para determinar el posible emplazamiento sobre el que diseñar el parque eólico se ubica tanto en la provincia de Valencia por el suroeste como en la provincia de Alicante por el noroeste la cual afecta en total a cuatro comarcas y a catorce de los diversos municipios que conforman las mismas, indicadas en la siguiente *Figura 38*.

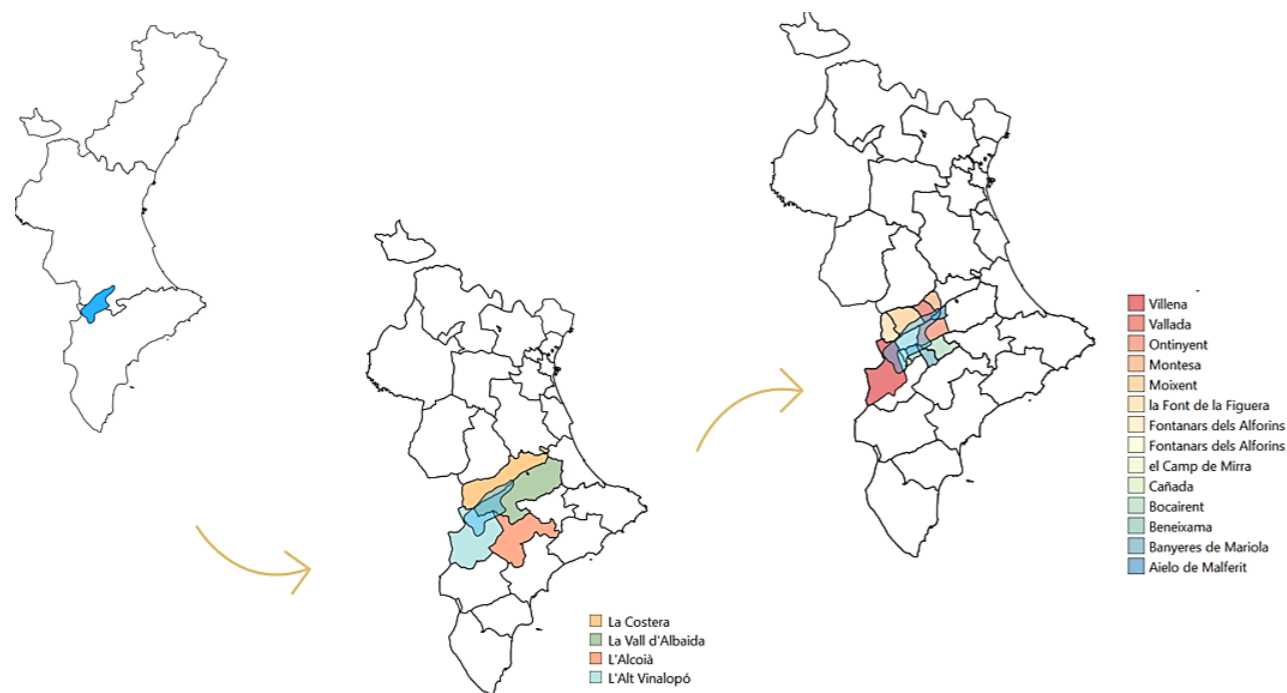


Figura 38. Comarcas y municipios afectados por la Zona 13 (Fuente: propia a partir de QGIS)

A diferencia de las dos zonas analizadas anteriormente, la Zona 13 está formada únicamente por un área de 394,80 km<sup>2</sup> ubicada sobre la Sierra Grossa-Benicadell, nombre establecido por el Plan Eólico.

En las inmediaciones del límite que caracteriza a esta zona pueden encontrarse múltiples municipios que deberán tenerse en cuenta durante el diseño del parque eólico. Sin embargo, dentro de su extensión pueden localizarse los municipios de Cañada y Fontanars dels Alforins sobre los cuales sí que deberá atenderse con gran importancia la afección que pueda producirse en los mismos. Como puede observarse en la *Figura 39*. *Extensión que conforma la Zona 13*.

A partir de ahora, se desarrollarán los diferentes criterios establecidos para realizar posteriormente la elección del emplazamiento óptimo sobre el que desarrollar el parque eólico objeto de este trabajo.

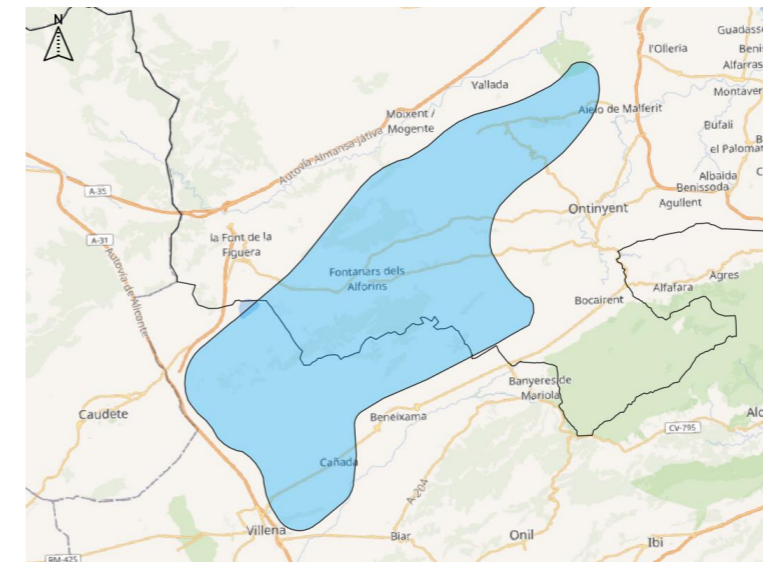


Figura 39. Extensión que conforma la Zona 13 (Fuente: propia a partir de QGIS)

#### Criterio ambiental y paisajístico

El Plan Eólico diferencia sobre cada una de las zonas tres aptitudes del aprovechamiento eólico, siendo las identificadas como *Zonas No Aptas* las únicas sobre las que no se podrá llevar a cabo ningún tipo de explotación y serán desestimadas para la ubicación del parque eólico. De la extensión que caracteriza la Zona 13 se pueden identificar dos zonas perfectamente diferenciadas con esta aptitud, las cuales suponen el 14,77% de la superficie.

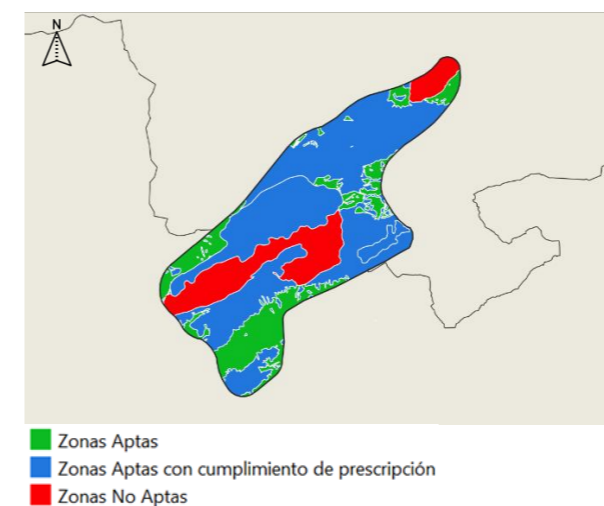


Figura 40. Aptitudes del aprovechamiento eólico de la Zona 13 (Fuente: Plan Eólico de la Comunidad Valenciana)

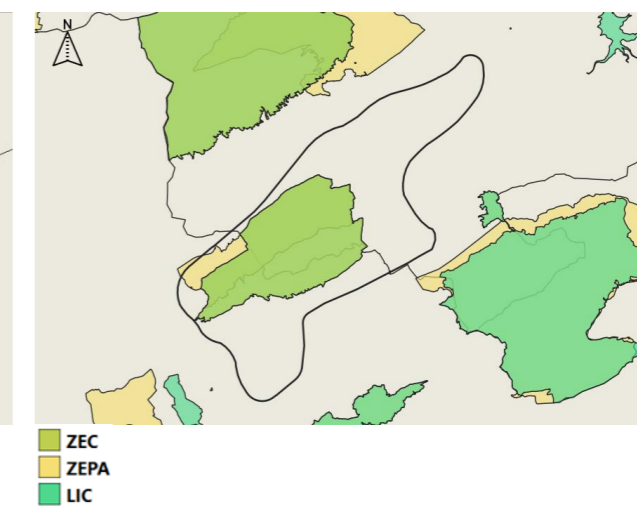


Figura 41. Áreas de conservación de la biodiversidad en la Zona 13 (Fuente: Red Natura 2000)

En el interior del límite que conforma esta zona pueden identificarse *Zonas Especiales de Conservación (ZEC)* como *Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA)* sobre las cuales será inviable llevar a cabo el aprovechamiento del recurso eólico, por lo que, son desestimadas para ubicar dentro de las mismas el parque eólico además de tener en cuenta la afección que se pueda producir sobre ellas.

Parte del *Paraje Natural Municipal* Serra de l'Ombria-Pou Clar se encuentra en la extensión que conforma esta zona susceptible de explotación del recurso eólico. Asimismo, sobre dicho paraje puede localizarse la *cueva* Pla de Simes donde ambos espacios naturales protegidos no pueden verse afectados por ningún tipo de actuación.

Del mismo modo, puede identificarse una zona húmeda protegida y dos cuevas en el límite que caracteriza a esta área, correspondientes con la *cueva* Potes y el Túnel dels Sumidors, sobre las que se deberá prestar gran atención al igual que en los casos anteriores.

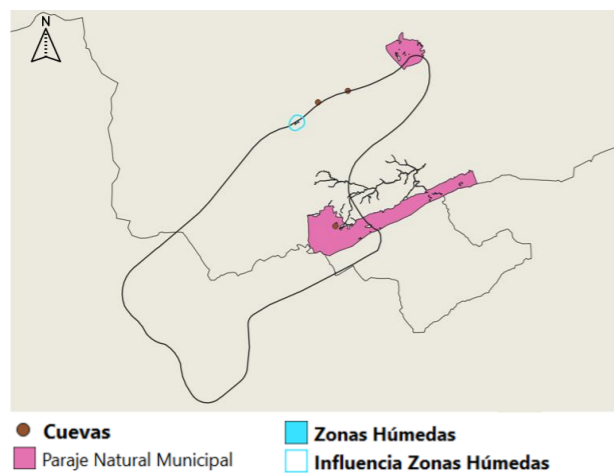


Figura 42. Espacios Naturales Protegidos Zona 13 (Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico)

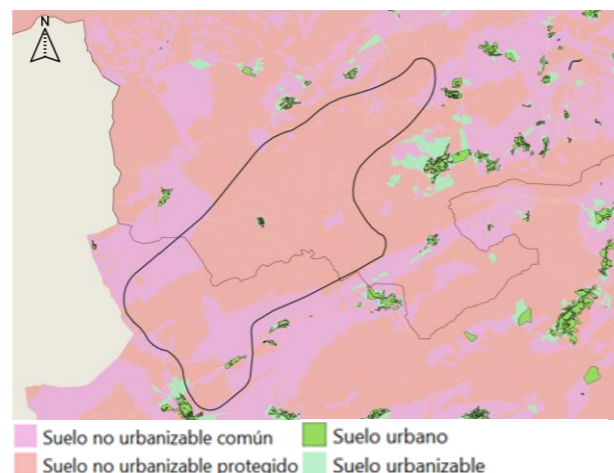


Figura 43. Planeamiento urbanístico de la Zona 13 (Fuente: Comisiones Territoriales de Urbanismo de la Comunidad Valenciana)

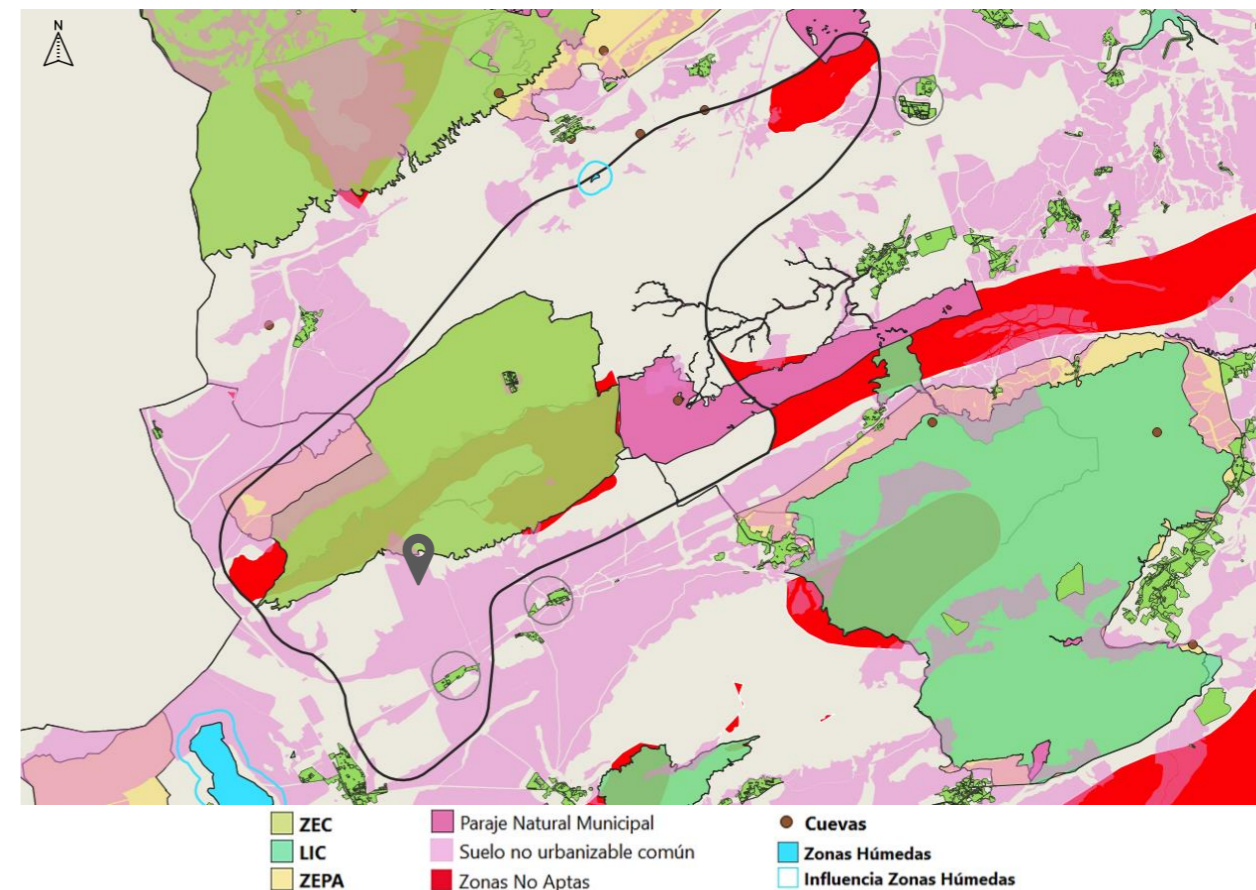


Figura 44. Aprovechamiento eólico disponible de la Zona 13 (Fuente: propia a partir de QGIS)

Por último, el Plan Eólico establece que únicamente se podrá llevar a cabo el aprovechamiento del recurso eólico en los suelos establecidos como no urbanizables o bien sobre suelos urbanizables o urbanos siempre que éste clasificado de uso industrial.

En la extensión que nos ocupa pueden identificarse tres clasificaciones del suelo, siendo el *Suelo no urbanizable protegido* el que ocupa la mayoría de la superficie y sobre el no podrá llevarse a cabo ningún tipo de actuación, por lo que, queda desestimada todo el espacio que ocupa para poder ubicar el parque eólico.

Como se ha indicado al principio de este apartado los municipios de Cañada y Fontanars dels Alforins se encuentran en el interior de la Zona 13, por este motivo, sobre ellos puede identificarse *Suelo urbano* en el cual tampoco es posible el desarrollo del aprovechamiento del recurso eólico.

Por lo tanto, únicamente será posible ubicar el parque eólico en aquellos suelos identificados como *Suelo no urbanizable común* el cual supone el 18,23% de la extensión de la Zona 13.

Una vez analizados todos los condicionantes que conforman este *"Criterio ambiental y paisajístico"* puede identificarse únicamente una zona sobre la que ubicar el parque eólico.

Ubicada al sur de esta zona se caracteriza por una superficie igual a 30,603 km<sup>2</sup> envolviendo al municipio de Cañada, encontrándose los municipios de Beneixama y Campo de Mirra muy próximos y por ello se deberá prestar gran cuidado por la posibilidad de afectar a los mismos. Únicamente el 9,37% de la superficie que caracteriza a la Zona 13 podría ser empleada para poder llevar a cabo el aprovechamiento del recurso eólico.

Criterio energético

Para llevar a cabo el análisis de este criterio se emplea el mismo procedimiento que en las dos zonas previamente analizadas. Aunque en este caso únicamente se llevará dicho análisis de la única zona posible identificada. Atendiendo al recurso eólico disponible, únicamente se atenderá a la velocidad media del viento representada sobre la extensión que ocupa la Zona 13 en la siguiente *Figura 45*, permitiendo así identificar dicho emplazamiento.

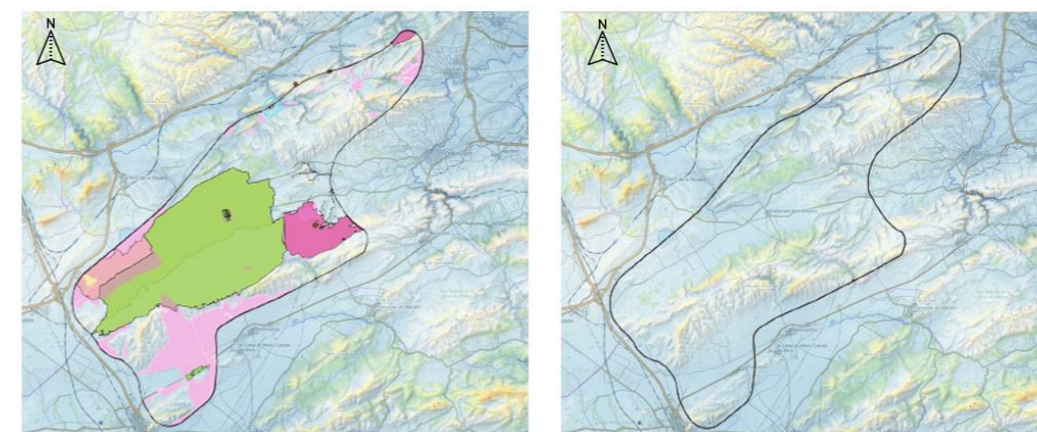


Figura 45. Velocidad media viento sobre el área de mayor extensión de la Zona 13 (Fuente: IDAE)

Sobre el área disponible ubicada al sur y en las inmediaciones del municipio de Cañada, pueden identificarse velocidades medias del viento con valores de 6,0489 m/s siendo un valor suficiente para producirse el arranque de producción y caracterizarse por ser una zona de mayor recurso. Sin embargo, atendiendo a los porcentajes de tiempo de viento útil puede determinarse que la producción parcial se produciría durante un 67,23% del tiempo de los vientos y la producción nominal durante el 4,34%. Alcanzándose un tiempo de trabajo correspondiente al 37,95% lo cual implicaría una producción de 3.324 horas equivalentes.

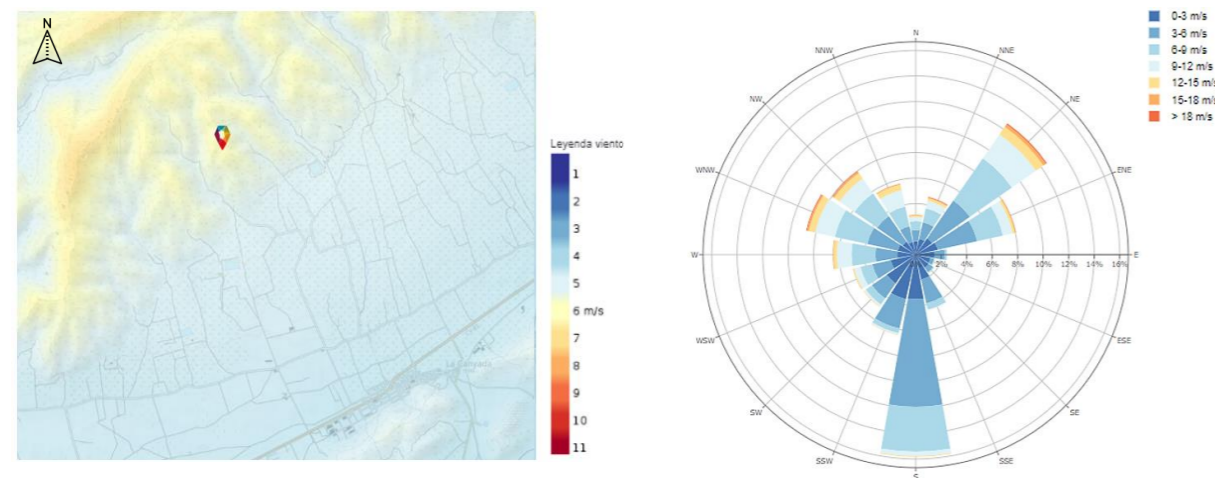


Figura 46. Velocidad media viento y rosa de los vientos a 100m de altura en las inmediaciones del municipio de Cañada, Zona 13 (Fuente: IDAE)

Esta zona se caracteriza por presentar 30,603 km<sup>2</sup> para llevar a cabo el aprovechamiento del recurso energético, sin embargo, se reduce a 12,02 km<sup>2</sup> tras atender la distribución de las velocidades medias de los vientos y proximidad de municipios cercanos. Sobre su extensión es posible identificar 1.752,94 metros de longitud en la perpendicular de la dirección predominante de los vientos insuficientes para emplazar parte de los aerogeneradores necesarios para alcanzar la potencia mínima, sin embargo, es posible albergar otra fila a la distancia mínima requerida que permitiría alcanzar finalmente la potencia lo que no supone ningún inconveniente. Aunque, debido a la distribución de velocidades resultaría muy complicado poder alcanzar la potencia de referencia indicada por el Plan Eólico sobre esta zona de 75 MW.

Por último, atendiendo a la densidad de potencia pueden obtenerse valores próximos a 319 W/m<sup>2</sup> superando con creces el valor indicado por el Atlas Eólico como referencia de recurso eólico aprovechable, sin embargo, en gran parte de su extensión pueden identificarse valores próximos a 190 W/m<sup>2</sup> encontrándose muy por debajo del valor de referencia para ser identificado como zona con recurso eólico aprovechable.

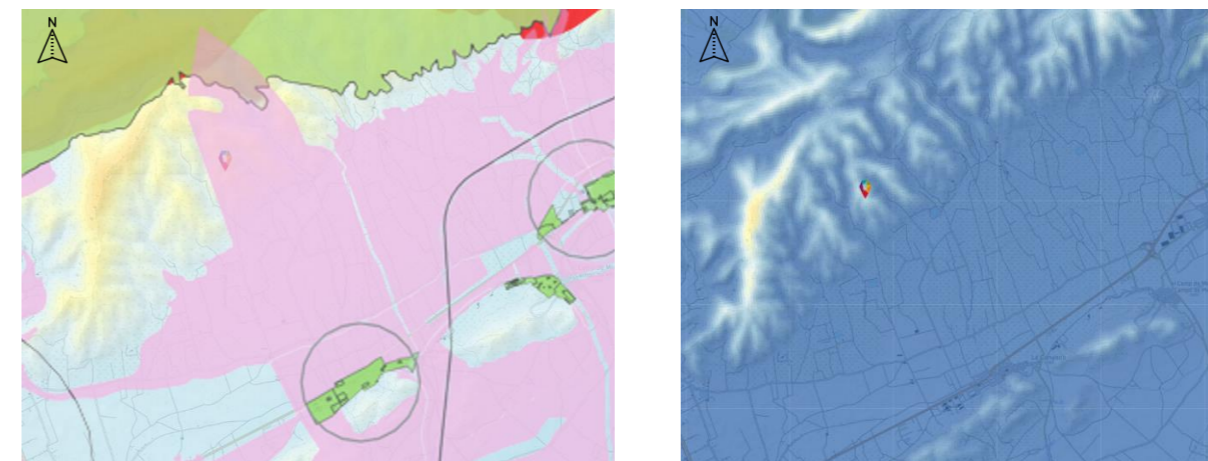


Figura 47. Espacio disponible y densidad de potencia en las inmediaciones del municipio de Cañada, Zona 13 (Fuente: IDAE)

Este único emplazamiento posible para albergar el parque eólico sobre esta zona será comparado con los analizados en el resto de las zonas posibles. A continuación, se recopilan todos los datos obtenidos de este criterio y se analiza el resto de condicionantes para una correcta comparación posterior.

	Tiempo de trabajo (%)	Horas equivalentes (hrs)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Longitud en perpendicular a la dirección predominante del viento (m)	Facilidad instalación	Posible alcanzar potencia de referencia	Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> )
Cañada	37,95	3.324	12,02	1.752,94	Si	No	190

Tabla 8. Recapitulación de los condicionantes del "criterio energético" de la Zona 13 (Fuente: propia)

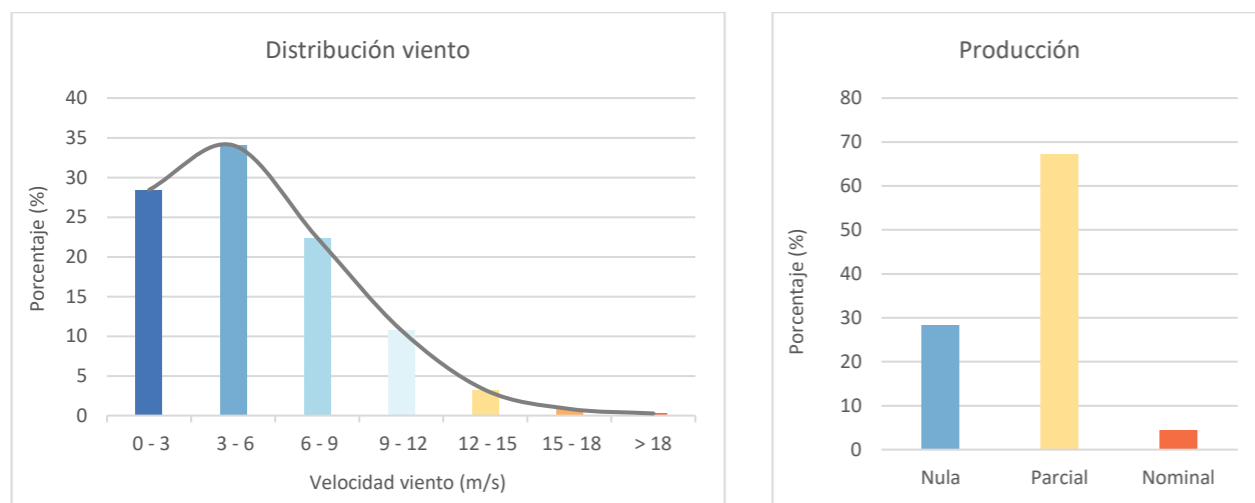


Gráfico 11. Distribución vientos y porcentajes de producción en las inmediaciones del municipio de Cañada, Zona 13 (Fuente: IDAE)

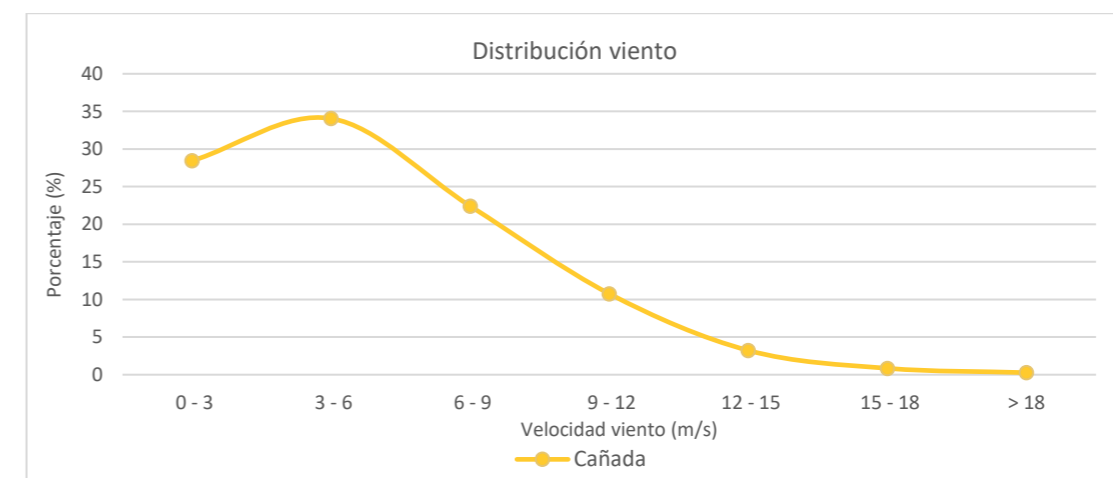


Gráfico 12. Distribución vientos en el emplazamiento posible sobre el que albergar el parque eólico en la Zona 13 (Fuente: IDAE)

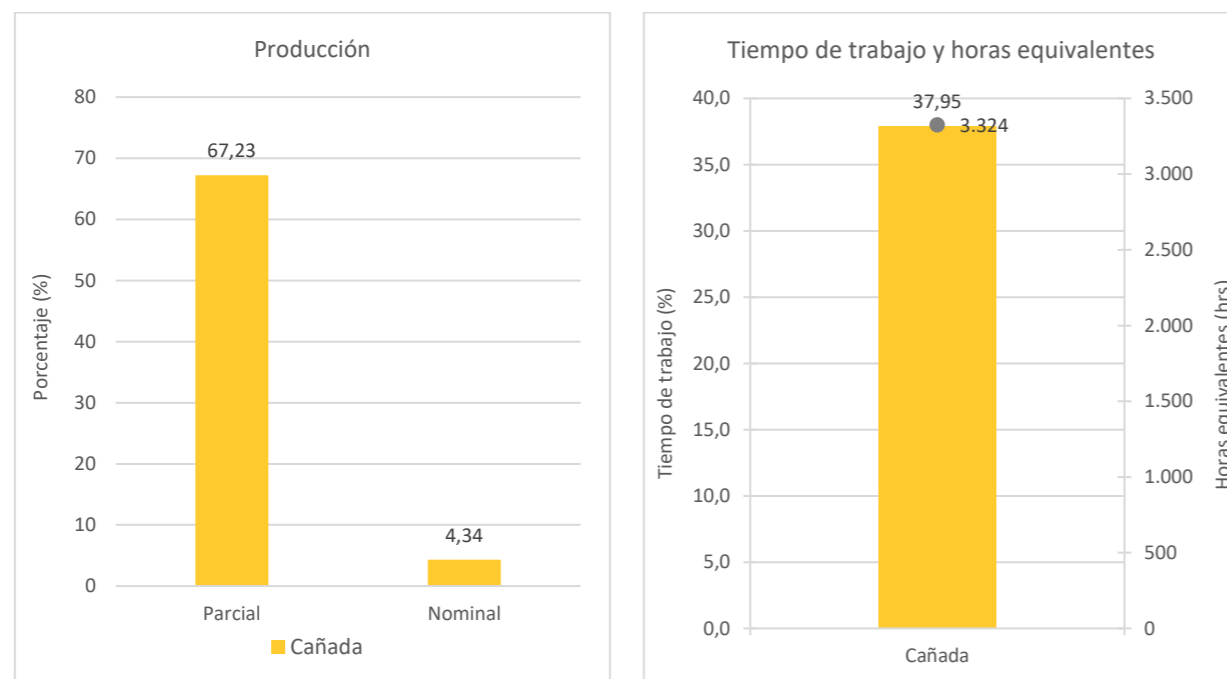


Gráfico 13 Porcentaje de producción, tiempo de trabajo y horas equivalentes del posible emplazamiento de la Zona 13 (Fuente: IDAE)

Atendiendo al mapa del sistema eléctrico de España puede apreciarse una gran concentración de líneas de diferentes tensiones, centrales, subestaciones y transformadores en un radio muy pequeño del emplazamiento del posible parque eólico.

Actualmente se encuentra en construcción la línea de media tensión que permite la conexión entre los municipios de Ontinyent y Beneixama, la cual presenta grandes ventajas si se conecta a esta línea por la presencia de elementos importantes en dichos municipios. Sin embargo, puede encontrarse a pocos kilómetros la línea de alta tensión.

Existen varias subestaciones próximas, aunque en el municipio de Banyeres de Mariola puede encontrarse una de ellas junto a tres transformadores de 450 MVA siendo de gran ventaja.

Del mismo modo, sobre el municipio de Beneixama puede encontrarse una central eólica y un transformador de 450 MVA programado para su construcción.

Por lo tanto, en esta zona existe la posibilidad de conexión a la red eléctrica de una manera fácil y muy favorable por la cantidad de elementos que existen, siendo una gran ventaja sobre este emplazamiento posible.

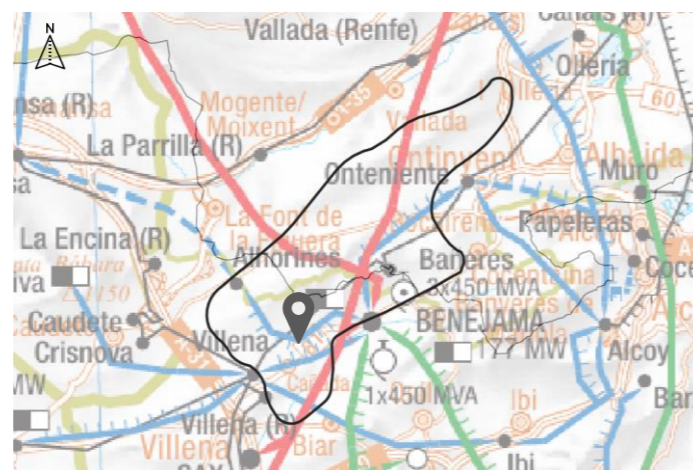


Figura 48. Mapa sistema eléctrico Zona 13 (Fuente: Red Eléctrica de España (REE))

### Criterio logístico

La ubicación de las instalaciones eólicas que permiten el desarrollo de este tipo de recurso puede observarse en la *Figura 18. Mapa de instalaciones eólicas de España*.

A diferencia de los dos casos anteriores, en este caso, únicamente se encuentra a poca distancia instalaciones de fábrica de torres y componentes. Sin embargo, en la Comunidad Valenciana se poseen de todas las instalaciones necesarias para para la fabricación de las componentes, por lo que no supondrá ningún tipo de inconveniente al respecto.

Resaltar que, en este caso el transporte de las palas supondrá una gran parte del presupuesto al encontrarse la fábrica de estas a 248 kilómetros del municipio de la Cañada.

Para finalizar con el análisis de este criterio y de esta Zona 13 es necesario atender a la red de carreteras y caminos que existen próximos al posible emplazamiento donde diseñar el parque eólico, con el objetivo de garantizar una buena seguridad y accesibilidad durante su ejecución y explotación.

Existen dos autopistas que podrán permitir una buena comunicación para el transporte de las palas. La primera de ellas se corresponde con la autopista de Alicante (A-31) ubicada al oeste y la autopista Almansa-Játiva (A-35) por toda la zona norte. La primera indicada posee enlace con el municipio de Villena permitiendo a partir de la CV-81 conexión con el emplazamiento posible.

Destacar que, sobre la zona posible sobre la que llevar a cabo el aprovechamiento del recurso eólico se encuentra la CV-657 la cual permitirá unas condiciones de trabajo muy favorables, además de ser una gran ventaja pues la red de vías pecuarias sobre la zona es muy escasa.

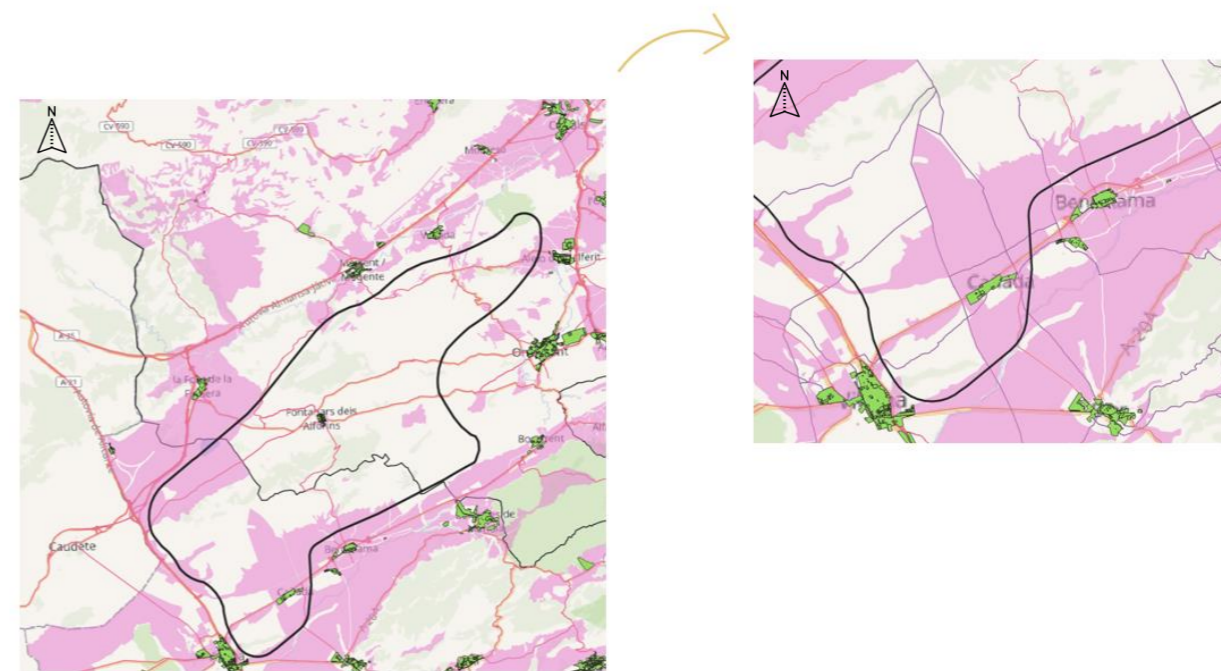


Figura 49. Red de carreteras y vías pecuarias Zona 13 (Fuente: CEGESEM)



Puede identificarse en la *Figura 53* la existencia tanto de *Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA)* como *Lugares de Importancia Comunitaria (LIC)* por su contribución a restaurar el hábitat natural. Limitan en gran superficie el lugar sobre el que emplazar parque eólico, ya que sobre ellas será incompatible el diseño del parque eólico para su posterior ejecución y explotación

Del mismo modo, la mayor parte de la extensión que conforma la zona ubicada al norte se ubican estas zonas de protección sobre las que tampoco podrá ser posible el aprovechamiento eólico.

Sobre el área de mayor extensión ubicada al sur puede identificarse la *cueva Simes del Roset* y el *Paraje Natural Municipal Els Plantadets* de 2,5 km<sup>2</sup>. Asimismo, sobre el límite que conforma esta área puede identificarse una zona húmeda protegida donde en ningún caso pueden verse afectados por ningún tipo de actuación.

En el interior de la otra área que conforma esta Zona 14 puede identificarse la *cueva Avenc del Morro de l'Estepar* que como en los tres casos anteriores se deberá prestar gran atención para determinar el emplazamiento sobre el que ubicar el parque eólico.

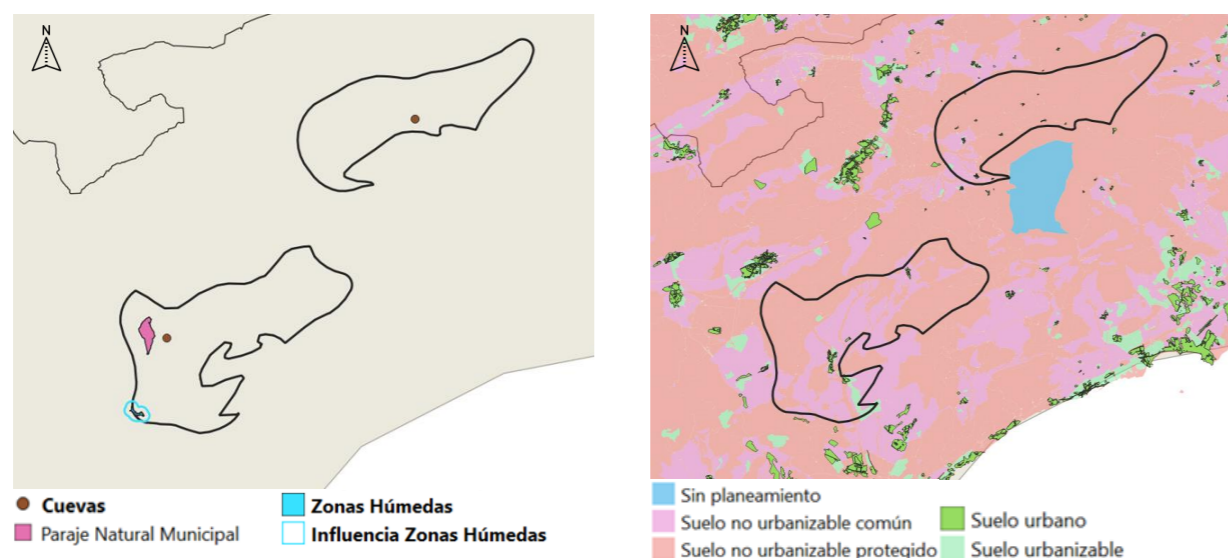


Figura 54. Espacios Naturales Protegidos de la Zona 14  
(Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico)

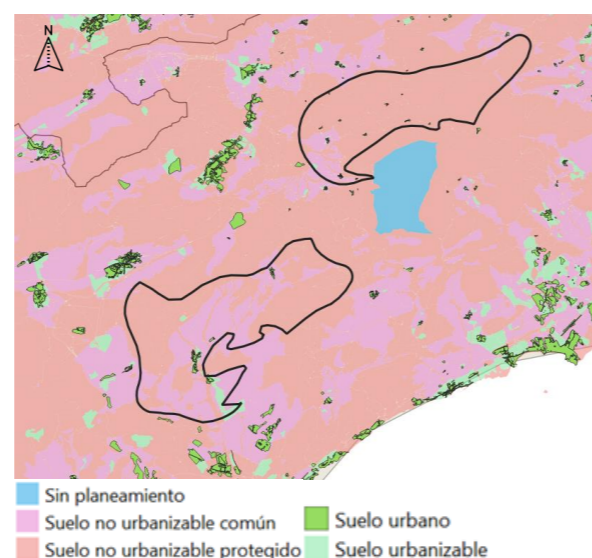


Figura 55. Planeamiento urbanístico de la Zona 14  
(Fuente: Comisiones Territoriales de Urbanismo de la Comunidad Valenciana)

Por último, el Plan Eólico establece que únicamente se podrá llevar a cabo el aprovechamiento del recurso eólico en los suelos establecidos como no urbanizables o bien sobre suelos urbanizables o urbanos siempre que éste clasificado de uso industrial.

En la extensión que nos ocupa pueden identificarse tres clasificaciones del suelo, siendo el *Suelo no urbanizable protegido* el que ocupa la mayoría de la superficie y sobre el no podrá llevarse a cabo ningún tipo de actuación, por lo que, queda desestimada todo el espacio que ocupa para poder ubicar el parque eólico.

Sobre la extensión que ocupan los diferentes municipios que se ubican en el interior de esta zona se identifica *Suelo urbano*, siendo imposible el desarrollo del aprovechamiento del recurso eólico sobre ellos.

Es posible identificar pequeñas áreas como *Suelo urbanizable*, sin embargo, serán destinadas para el desarrollo de nuevas zonas residenciales por lo que son desestimadas para emplazar sobre ellas el parque eólico.

Por lo tanto, únicamente será posible ubicar el parque eólico en aquellos suelos identificados como *Suelo no urbanizable común* el cual supone el 21,15% de la extensión de la Zona 14.

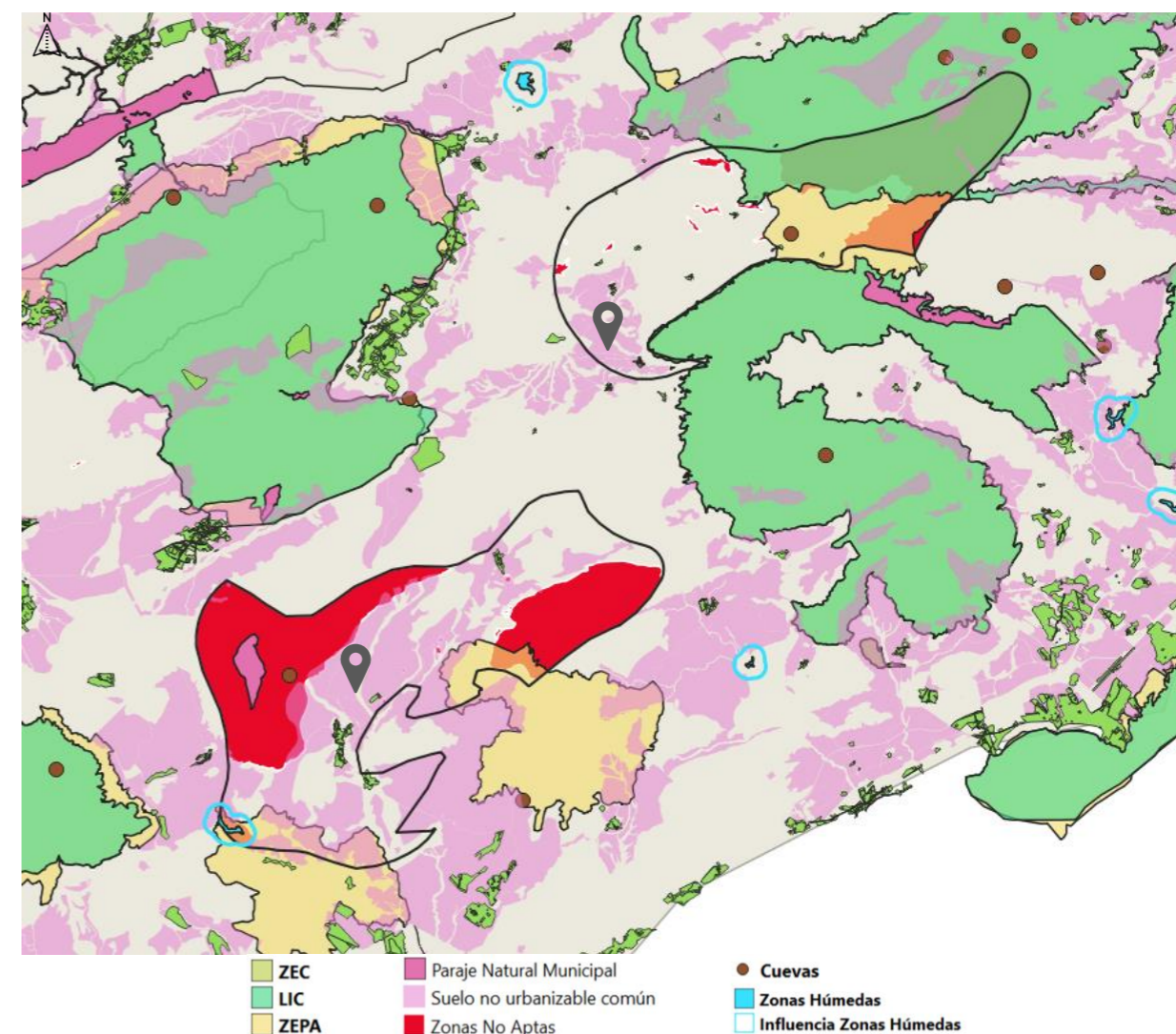


Figura 56. Aprovechamiento eólico disponible de la Zona 14  
(Fuente: propia a partir de QGIS)

Una vez analizados todos los condicionantes que conforman este "*Criterio ambiental y paisajístico*" pueden identificarse únicamente dos zonas sobre las que ubicar el parque eólico.

La primera de ellas se encuentra en la zona establecida al sur con 45,139 km<sup>2</sup> disponibles sobre los que es posible llevar a cabo el aprovechamiento del recurso eólico. Sin embargo, 1,941 km<sup>2</sup> son aprovechables en la zona establecida más al norte. Por lo tanto, 18,98% de la superficie que caracteriza a la Zona 14 podrá ser empleada para poder llevar a cabo el aprovechamiento del recurso eólico.

Ninguno de los emplazamientos posibles presenta obstáculos que no permitan corrientes de vientos, por lo que, todos ellos son considerados para el análisis del resto de criterios.



Criterio energético

Atendiendo a la velocidad media del viento en aquellas zonas identificadas en el "Criterio ambiental y paisajístico" como posibles sobre las que diseñar el parque eólico, identificables en la Figura 56. Aprovechamiento eólico disponible de la Zona 14, se va a proceder a la evaluación del recurso eólico únicamente atendiendo a este condicionante.

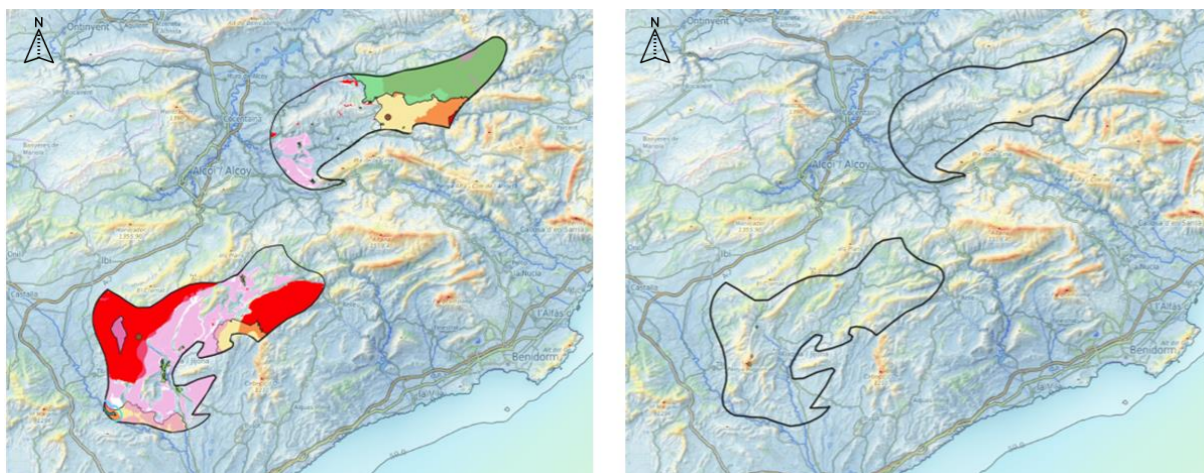


Figura 57. Velocidad media viento sobre el área de mayor extensión de la Zona 14 (Fuente: IDAE)

Atendiendo a la zona establecida por el Plan Eólico ubicada al norte en las inmediaciones del municipio de Benasau puede identificarse que sobre la pequeña extensión sobre la cual es posible llevar a cabo el aprovechamiento del recurso eólico se obtienen vientos con velocidades medias de 3,5543 m/s con las que sería necesario disponer de mayores velocidades para producirse el arranque de las palas. Sin embargo, a partir del porcentaje con viento útil se obtendría una producción parcial durante el 53,31% del tiempo y una producción nominal durante un 2,71%; permitiendo alcanzar un tiempo de trabajo correspondiente al 29,37% y un total de 2.573 horas equivalentes.

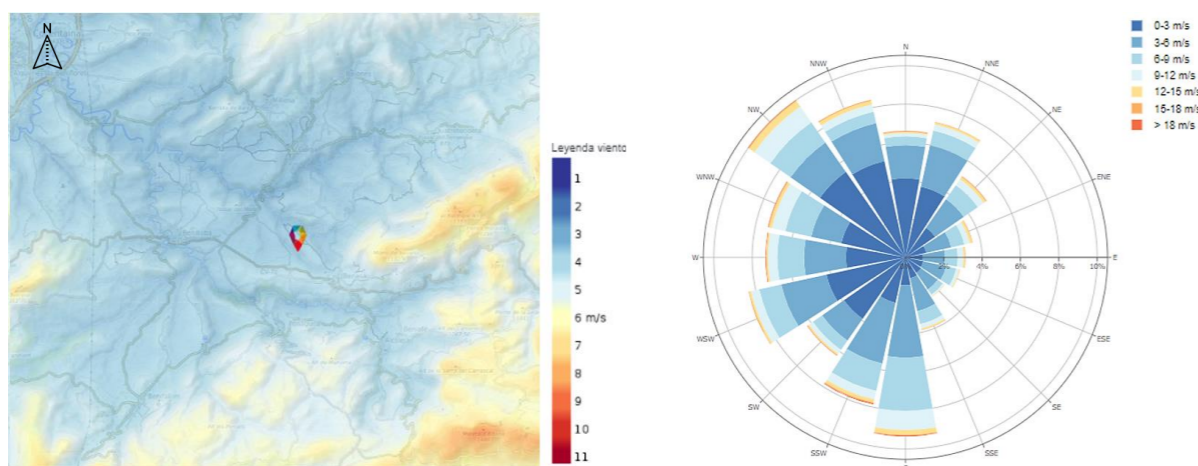


Figura 58. Velocidad media viento y rosa de los vientos a 100m de altura en las inmediaciones del municipio de Benasau, Zona 14 (Fuente: IDAE)

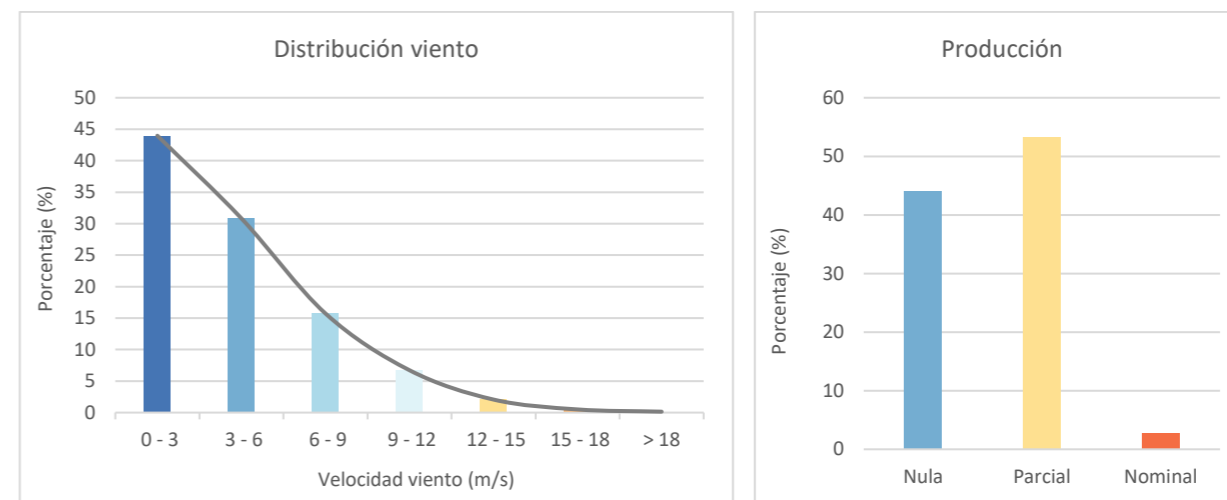


Gráfico 14. Distribución vientos y porcentajes de producción en las inmediaciones del municipio de Benasau, Zona 14 (Fuente: IDAE)

Como se ha indicado anteriormente esta zona posee una extensión de 1,941 km<sup>2</sup> sobre la que emplazar el parque eólico, atendiendo a la perpendicular de la dirección predominante de los vientos en esta zona puede identificarse una longitud de 1.609,73 metros sobre la que situar el número necesario de aerogeneradores siendo insuficiente para poder ubicarlos en una misma fila. Podría ser posible la ejecución de más filas para poder emplazar el número de aerogeneradores necesario, sin embargo, en este caso no se posee la extensión suficiente y con ello no podría alcanzarse la potencia mínima para el diseño del parque eólico objeto de este estudio.

Destacar que, atendiendo a la densidad de potencia que podría producirse en esta zona se identifican valores alrededor de 100 W/m<sup>2</sup> encontrándose por debajo del valor establecido por el Plan Eólico de referencia para ser identificado como recurso eólico aprovechable.

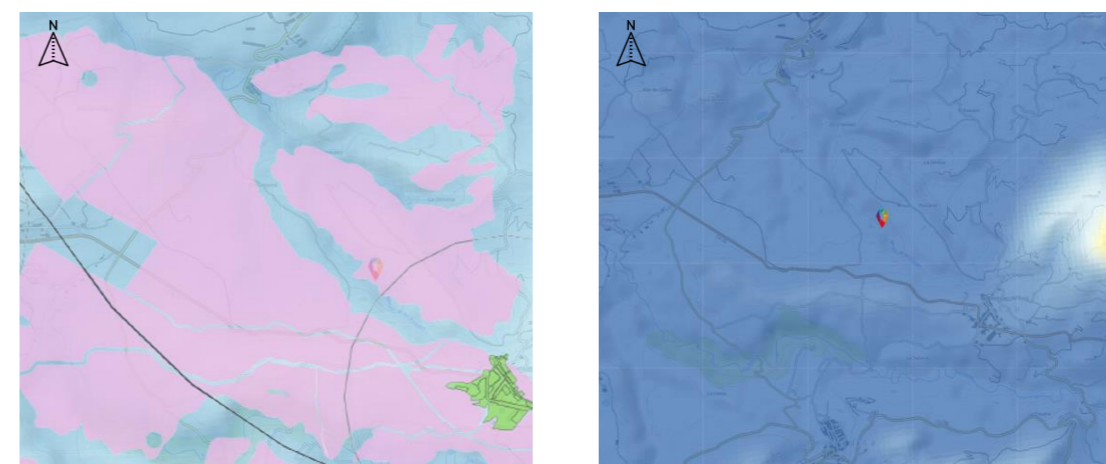


Figura 59. Espacio disponible y densidad de potencia en las inmediaciones del municipio de Benasau, Zona 14 (Fuente: propia)

En cambio, sobre la segunda extensión que conforma la Zona 14, al noreste del municipio de Xixona pueden observarse vientos medios iguales a 6,4717 m/s superando los valores mínimos para producirse el arranque de producción y las zonas de mayor recurso, además duplicar la velocidad del viento que se produce en el emplazamiento anterior.

Atendiendo a los porcentajes de tiempo de viento útil proporcionados por la rosa de los vientos se produciría un mero descenso en la producción parcial correspondiéndose con el 52,93% del tiempo, sin embargo, la producción nominal aumentaría en comparación con el emplazamiento anterior durante el 12,36% del tiempo. En ese caso se obtendría un porcentaje de tiempo de trabajo del 38,82%, lo cual implicaría una producción de 3.401 horas equivalentes de trabajo durante un año.

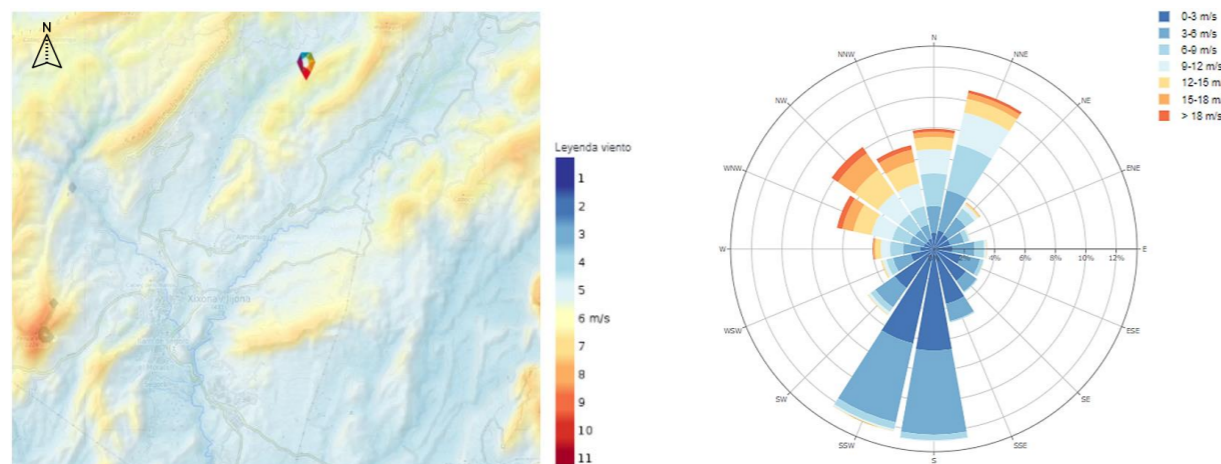


Figura 60. Velocidad media viento y rosa de los vientos a 100m de altura al norte del municipio de Xixona, Zona 14 (Fuente: IDAE)

instalación de un mayor número de aerogeneradores y con ello la posibilidad de alcanzar la potencia de referencia establecida por el Plan Eólico en esta Zona 14 (75 MW).

Por último, atendiendo a la densidad de potencia pueden obtenerse valores mucho mayores que en el caso anterior correspondientes a 560 W/m<sup>2</sup> superando con creces el valor indicado por el Atlas Eólico como referencia de recurso eólico aprovechable y correspondiéndose con el mayor de los dos analizados.

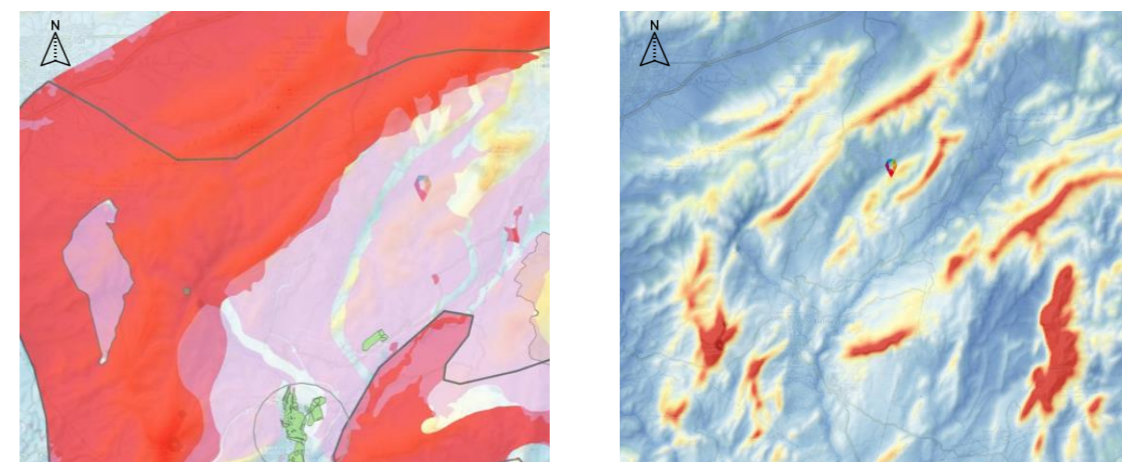


Figura 61. Espacio disponible y densidad de potencia en las inmediaciones del municipio de Xixona, Zona 14 (Fuente: propia)

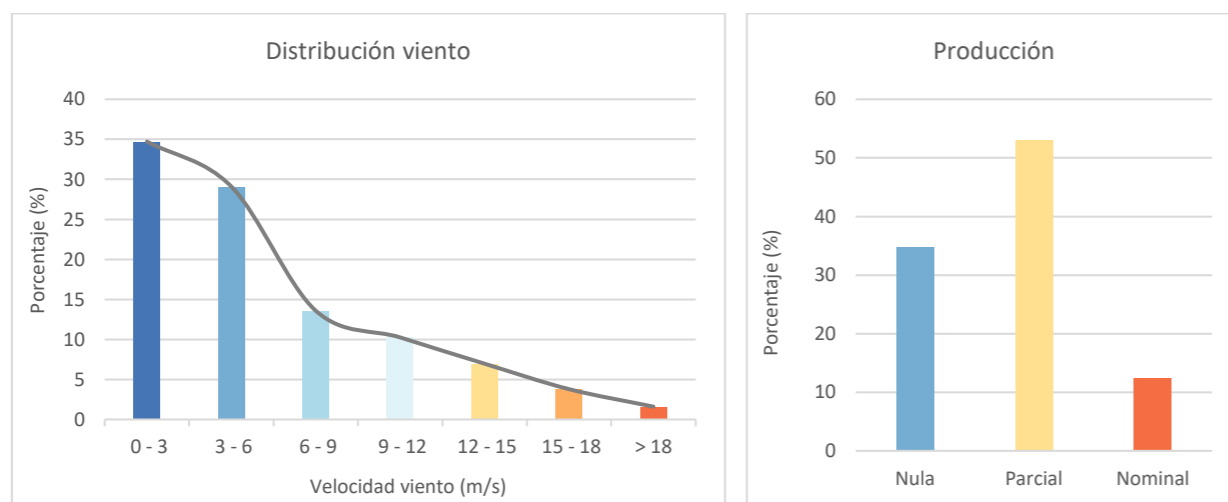


Gráfico 15. Distribución vientos y porcentajes de producción al norte del municipio de Xixona, Zona 14 (Fuente: IDAE)

Del espacio disponible sobre el que es posible albergar el parque eólico en esta zona (45,139 km<sup>2</sup>) únicamente serán emplazados 6,895 km<sup>2</sup> sobre los cuales se verifica la posibilidad de emplazar una fila de aerogeneradores de 6.312,27 metros de longitud sobre la perpendicular a la dirección predominante del viento siendo más que suficiente para alcanzar la potencia indicada. Asimismo, cabe la posibilidad de emplazar más de una fila de aerogeneradores a la distancia mínima requerida, por lo que, esto supondrá la

Una vez analizados los dos emplazamientos posibles sobre los que albergar el diseño del parque eólico puede identificarse fácilmente que el emplazamiento situado al noroeste del municipio de Xixona presentaría el mayor potencial eólico al presentar un 9,45% más de tiempo de trabajo, lo cual implica que se puedan producir 828 horas equivalentes más de producción en comparación con en el otro emplazamiento, es decir un 24,35% más. Únicamente se atenderá a este emplazamiento para el análisis de los siguientes condicionantes.

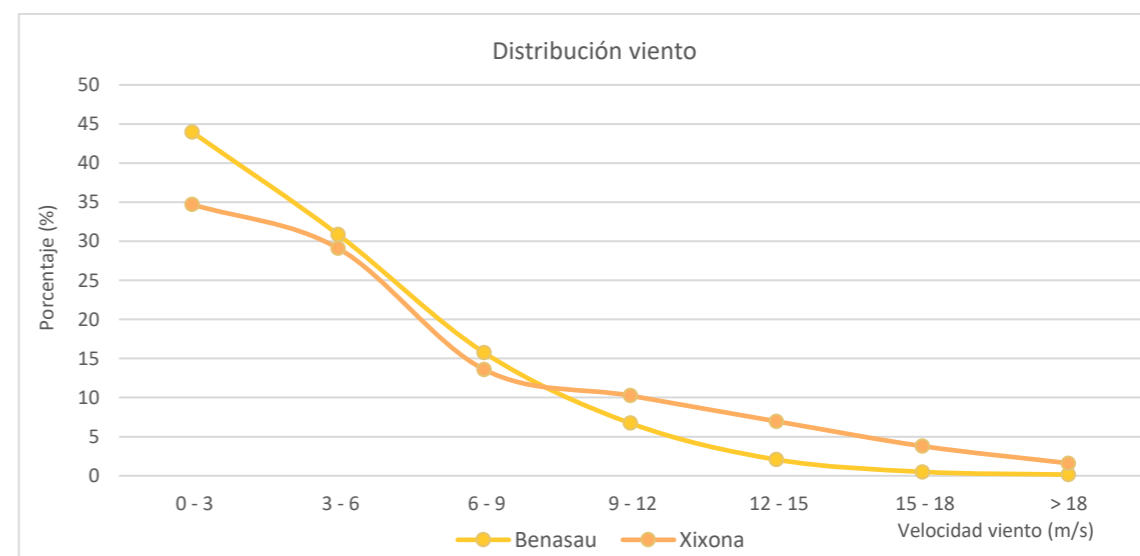


Gráfico 16. Distribución vientos en los emplazamientos posibles sobre los que albergar el parque eólico en la Zona 14 (Fuente: IDAE)

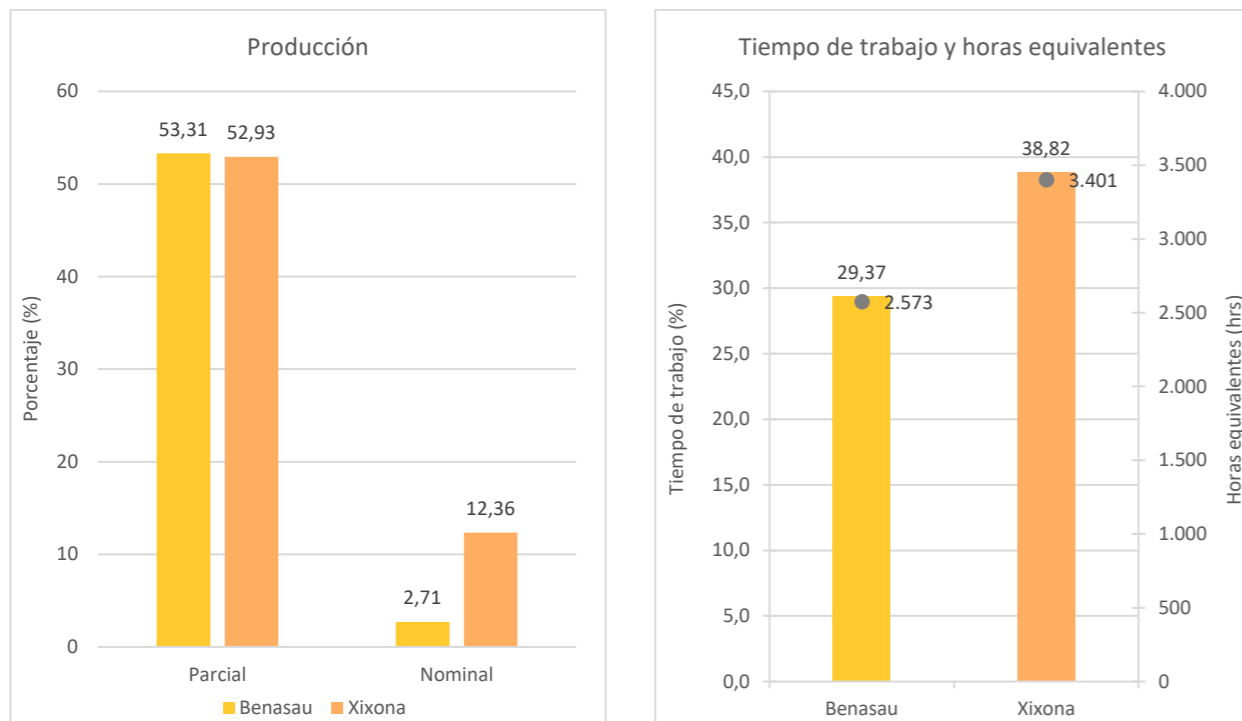


Gráfico 17. Porcentaje de producción, tiempo de trabajo y horas equivalentes de los posibles emplazamientos de la Zona 13 (Fuente: IDAE)

Tras aplicar los porcentajes de peso indicados anteriormente, el emplazamiento ubicado en las inmediaciones del municipio de Xixona presenta el valor más próximo a 10, por lo que, es considerado como el óptimo para albergar el parque eólico y con ello únicamente se atenderá este para el desarrollo de los siguientes condicionantes.

	Puntuación
Benasau	7,75
Xixona	<b>9,75</b>

Atendiendo al mapa del sistema eléctrico de España, puede encontrarse una línea de media y baja tensión muy próximas al posible emplazamiento sobre el que se situaría el parque eólico. Ambas concluyen en el municipio de Xixona sobre el cual existe una subestación.

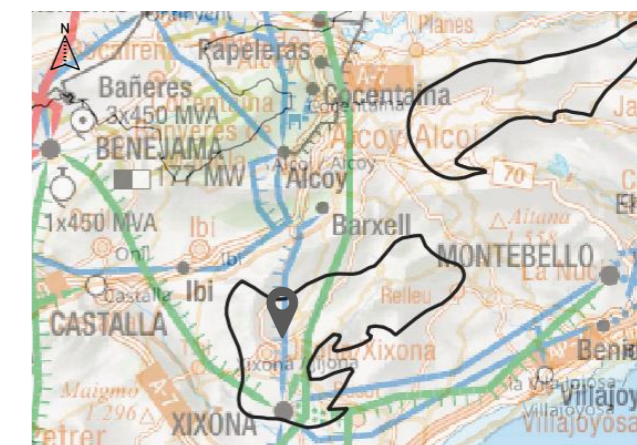


Figura 62. Mapa sistema eléctrico Zona 14 (Fuente: Red Eléctrica de España (REE))

Como se ha analizado en la anterior Zona 13, sobre el municipio de Beneixama se encuentra una central eólica y un transformador de 450 MVA programado para su construcción, sin embargo, para este caso se encuentra a gran distancia.

Por lo tanto, la conexión con la red eléctrica no representa ningún inconveniente al estar muy próxima dos líneas de tensión, sin embargo, sería necesario un transformador para poder ser transportada por ellas la energía.

	Tiempo de trabajo (%)	Horas equivalentes (hrs)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Longitud en perpendicular a la dirección predominante del viento (m)	Facilidad instalación	Posible alcanzar potencia de referencia	Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> )
Benasau	29,37	2.573	6,68	1.609,73	No	No	100
Xixona	38,82	3.401	6,15	6.312,27	Si	Si	560

Tabla 9. Recapitulación de los condicionantes del "criterio energético" de la Zona 14 (Fuente: propia)

En este caso, se asignan dos valores distintos de 7,5 o 10 atendiendo la posición en la que se encuentre cada uno de los emplazamientos donde posteriormente se aplicarán los mismos porcentajes de peso a cada uno de los condicionantes que se indicaron en la Zona 5 sobre la Tabla 6. Porcentaje de pesos asignado a cada condicionante.

	Tiempo de trabajo (%)	Horas equivalentes (hrs)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Longitud en perpendicular a la dirección predominante del viento (m)	Facilidad instalación	Posible alcanzar potencia de referencia	Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> )
Benasau	7,5	7,5	10	7,5	7,5	7,5	7,5
Xixona	10	10	7,5	10	10	10	10

Tabla 10. Puntuación de cada condicionante atendiendo a los municipios analizados de la Zona 14 (Fuente: propia)

### Criterio logístico

Como en la anterior zona analizada [Zona 13] únicamente se encuentra a poca distancia instalaciones de fábrica de torres y componentes. Sin embargo, como se ha indicado esto no supone un gran inconveniente al poseer la Comunidad Valenciana todas las instalaciones necesarias para para la fabricación de las componentes, aunque se deberá prestar atención a los costes y a la seguridad del transporte de las palas al encontrarse dicha fábrica a 257 kilómetros del municipio de Xixona.

Para finalizar, es necesario atender a la red de carreteras y caminos que existen próximos al posible emplazamiento donde diseñar el parque eólico con el objetivo de garantizar una buena seguridad y accesibilidad durante su ejecución y explotación.

En este caso, por el norte del municipio de Xixona se posee conexión con la A-7 mediante la CV-800 sobre la que existen diferentes vías pecuarias que facilitarán el acceso al emplazamiento del parque eólico. Del mismo modo, puede accederse por el sur del municipio a partir de la Autovía del Mediterráneo (AP-7) la cual también posee conexión con la CV-800.

Por lo tanto, puede observarse que dicho emplazamiento posee diferentes posibilidades para poder acceder de manera fácil, sencilla y con la mayor seguridad en función de los diferentes elementos a transportar para su ejecución.

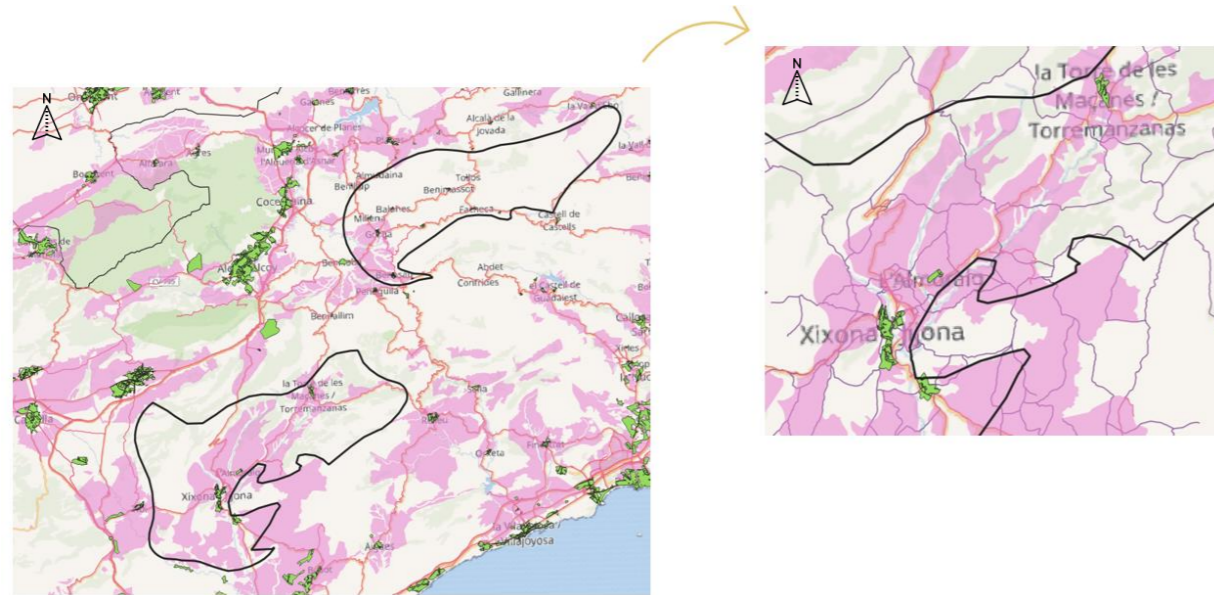


Figura 63. Red de carreteras y vías pecuarias Zona 14  
(Fuente: CEGESEM)

### 6.5. Zona 15

La última zona a analizar establecida por el Plan Eólico está formada por dos áreas ubicadas al oeste y noroeste de la provincia de Alicante afectando a cinco comarcas y veintiún municipios.

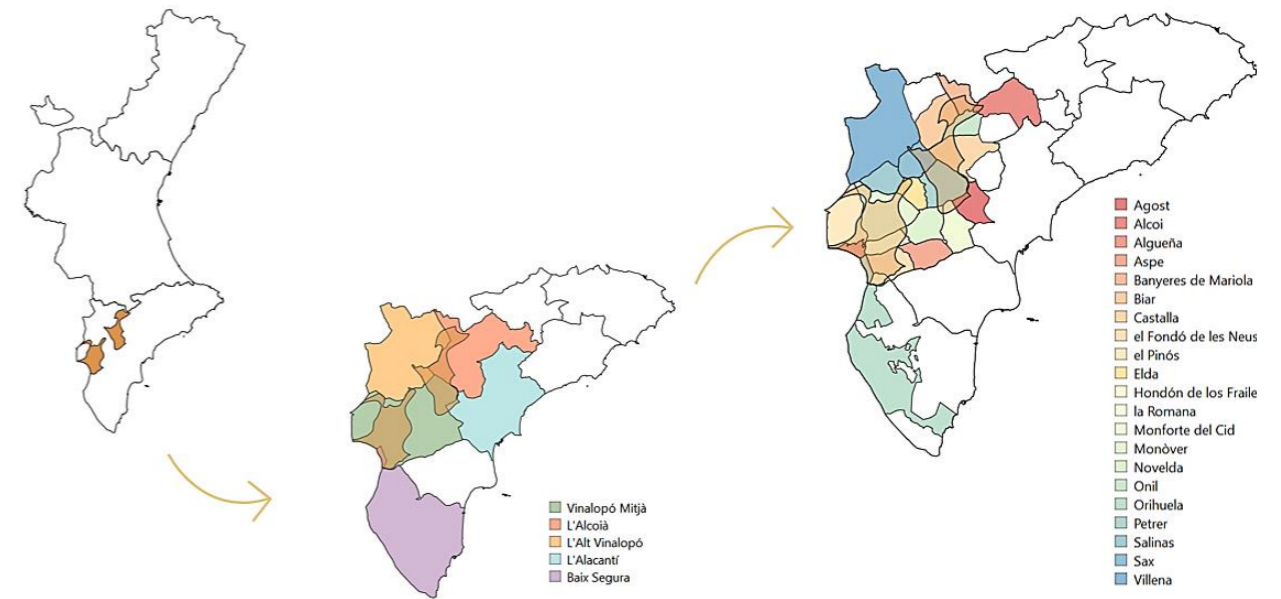


Figura 64. Comarcas y municipios afectados por la Zona 15  
(Fuente: propia a partir de GGIS)

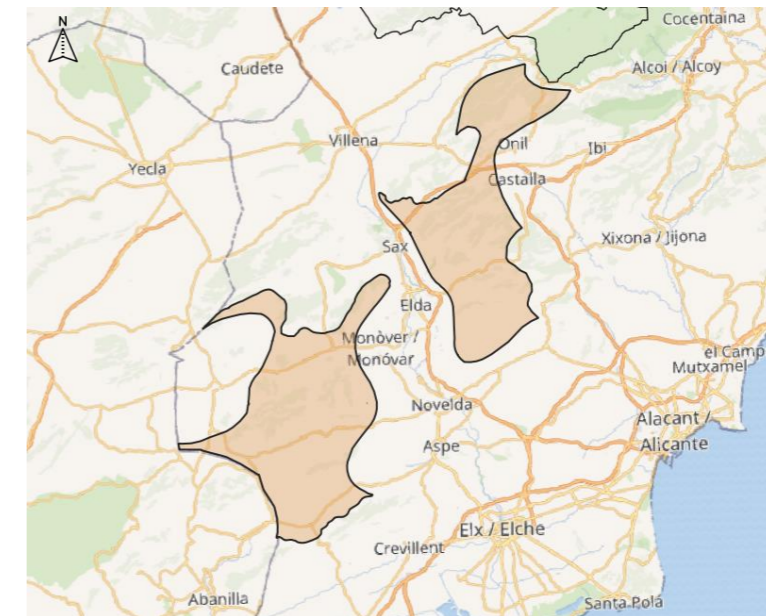


Figura 65. Extensión que conforma la Zona 15  
(Fuente: propia a partir de QGIS)

La extensión total de esta zona se corresponde con 495,53 km<sup>2</sup> situándola en la zona analizada de mayor extensión sobre la que llevar a cabo el aprovechamiento del recurso eólico, estando repartida en dos áreas diferenciadas como se ha indicado anteriormente.

La zona situada al noreste de la provincia de Alicante está caracterizada por estar presentando 227,07 km<sup>2</sup> sin encontrarse ningún municipio en el interior de la misma. Sin embargo, muy próximo al límite que caracteriza a dicha zona pueden encontrarse grandes municipios como Elda, Sax, Castalla, Villena, Novelda y Monforte del Cid; los cuales se deberán tener en consideración por la posible afección sobre ellos.

La segunda área que conforma a dicha zona posee una superficie igual a 268,46 km<sup>2</sup> siendo un poco superior que en el caso anterior. En este caso, existen municipios que se encuentran en el interior de la misma siendo los municipios de La Romana, Hondón de los Frailes y Algueña los de mayor dimensión. Del mismo modo, en este caso también podrán verse afectados otros municipios que se encuentran en las inmediaciones que conforman esta zona siendo Elda, Hondón de las Nieves, El Pinós y Monóvar.

A continuación, se procede al desarrollo de los diferentes criterios para las dos áreas que conforman a esta zona los cuales han sido detallados en el apartado 6. *Características de los posibles emplazamientos* con el objetivo de obtener la información necesaria para la posterior elección del emplazamiento óptimo sobre el que desarrollar el diseño del parque eólico objeto de este trabajo académico.

· Criterio ambiental y paisajístico

Atendiendo a la clasificación en función de la aptitud de la explotación del recurso eólico llevada a cabo por el Plan Eólico, pueden identificarse cuatro pequeñas áreas clasificadas como *Zonas No Aptas* sobre las cuales no será posible llevar a cabo el aprovechamiento del recurso eólico. Estas suponen únicamente el 10,27% de toda la extensión que ocupa la Zona 15, por lo que, existe una gran extensión sobre la cual llevar a cabo dicha actividad como puede apreciarse en la siguiente *Figura 66. Aptitudes del aprovechamiento eólico de la Zona 15.*

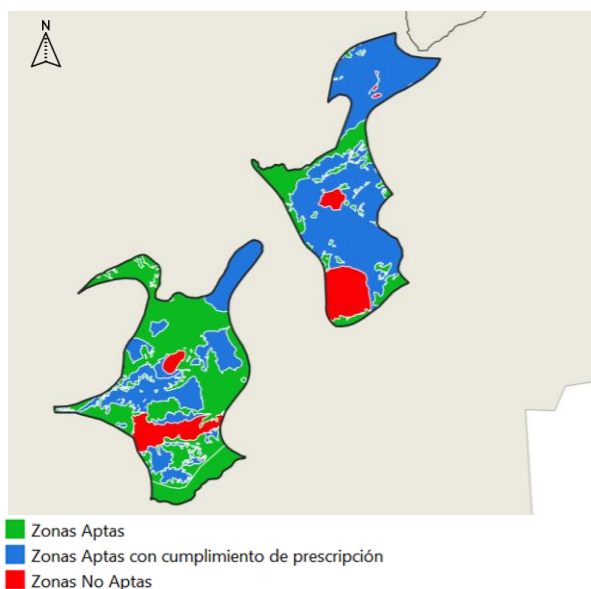


Figura 66. Aptitudes del aprovechamiento eólico de la Zona 15 (Fuente: Plan Eólico de la Comunidad Valenciana)

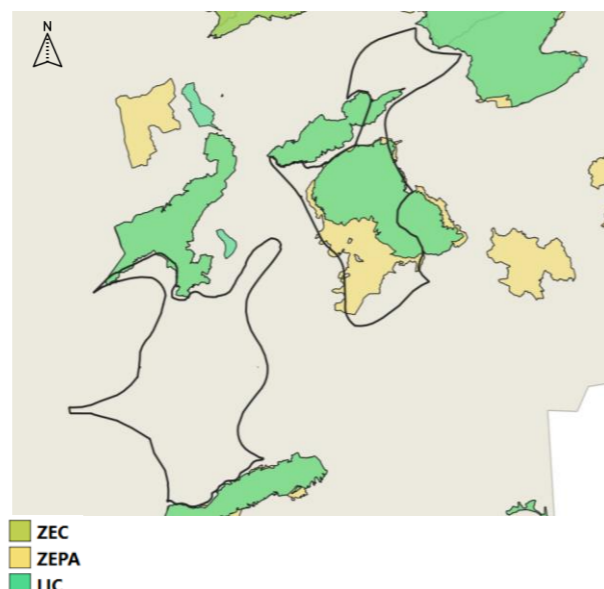


Figura 67. Áreas de conservación de la biodiversidad en la Zona 15 (Fuente: Red Natura 2000)

Atendiendo a la información proporcionada por la Red Natura 2000, en el interior de la extensión que ocupa dicha zona existen *Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA)* y *Lugares de Importancia Comunitaria (LIC)* por su contribución a restaurar el hábitat natural en el interior que conforma dicha zona, siendo posible apreciarlas en la *Figura 67.* Limitan en gran superficie el lugar sobre el que emplazar parque eólico, ya que sobre ellas será incompatible el diseño del parque eólico para su posterior ejecución y explotación.

Pueden identificarse dos *Espacios Naturales Protegidos* en el interior de esta zona analizada. Sobre el área ubicada más al norte puede encontrarse el *Paisaje Protegido Serra del Maigó y Serra del Sit* ocupando gran parte del área que la conforma con 156,4 km<sup>2</sup> lo cual reducirá notablemente la superficie a poder ser aprovechada.

Sin embargo, sobre la otra área que conforma esta zona se encuentra el *Paraje Natural Municipal Monte Coto* igual a 2,5 km<sup>2</sup> de menores dimensiones que el otro espacio protegido natural. Del mismo modo, puede observarse la presencia de una zona húmeda protegida donde en ningún caso pueden verse afectados por ningún tipo de actuación.

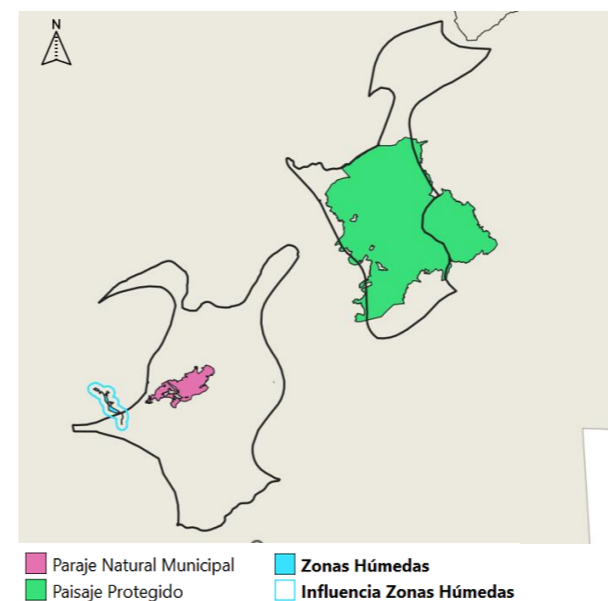


Figura 68. Espacios Naturales Protegidos de la Zona 15 (Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico)

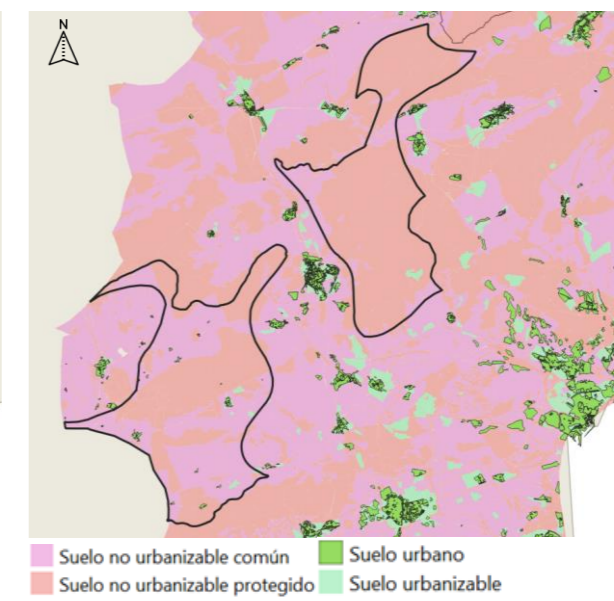


Figura 69. Planeamiento urbanístico de la Zona 15 (Fuente: Comisiones Territoriales de Urbanismo de la Comunidad Valenciana)

Por último, el Plan Eólico establece que únicamente se podrá llevar a cabo el aprovechamiento del recurso eólico en los suelos establecidos como no urbanizables o bien sobre suelos urbanizables o urbanos siempre que éste clasificado de uso industrial.

En la extensión que nos ocupa pueden identificarse tres clasificaciones del suelo, siendo el *Suelo no urbanizable protegido* el que ocupa la mayoría de la superficie y sobre el no podrá llevarse a cabo ningún tipo de actuación, por lo que, queda desestimada todo el espacio que ocupa para poder ubicar el parque eólico.

Sobre la extensión que ocupan los diferentes municipios que se ubican en el interior de esta zona se identifica *Suelo urbano*, siendo imposible el desarrollo del aprovechamiento del recurso eólico sobre ellos.

Es posible identificar pequeñas áreas como *Suelo urbanizable*, sin embargo, serán destinadas para el desarrollo de nuevas zonas residenciales por lo que son desestimadas para emplazar sobre ellas el parque eólico.

Por lo tanto, únicamente será posible ubicar el parque eólico en aquellos suelos identificados como *Suelo no urbanizable común* los cuales presentan una extensión igual a 145,426 km<sup>2</sup> representando el 29,34% de lo que ocupa la Zona 15.

Este único emplazamiento se encuentra envuelto por dos grandes zonas montañosas ubicada una de ellas en la dirección predominante de los vientos, por lo tanto, se identifica la existencia de obstáculos que no permitan corrientes de vientos adecuadas tras haber atendiendo ligeramente el relieve y la dirección predominante de los vientos.

Este emplazamiento no podrá ser considerado para el resto de los criterios analizados ni tampoco para el resto del estudio al concluirse que en la Zona 15 no es posible llevar a cabo de manera óptima el aprovechamiento del recurso eólico.

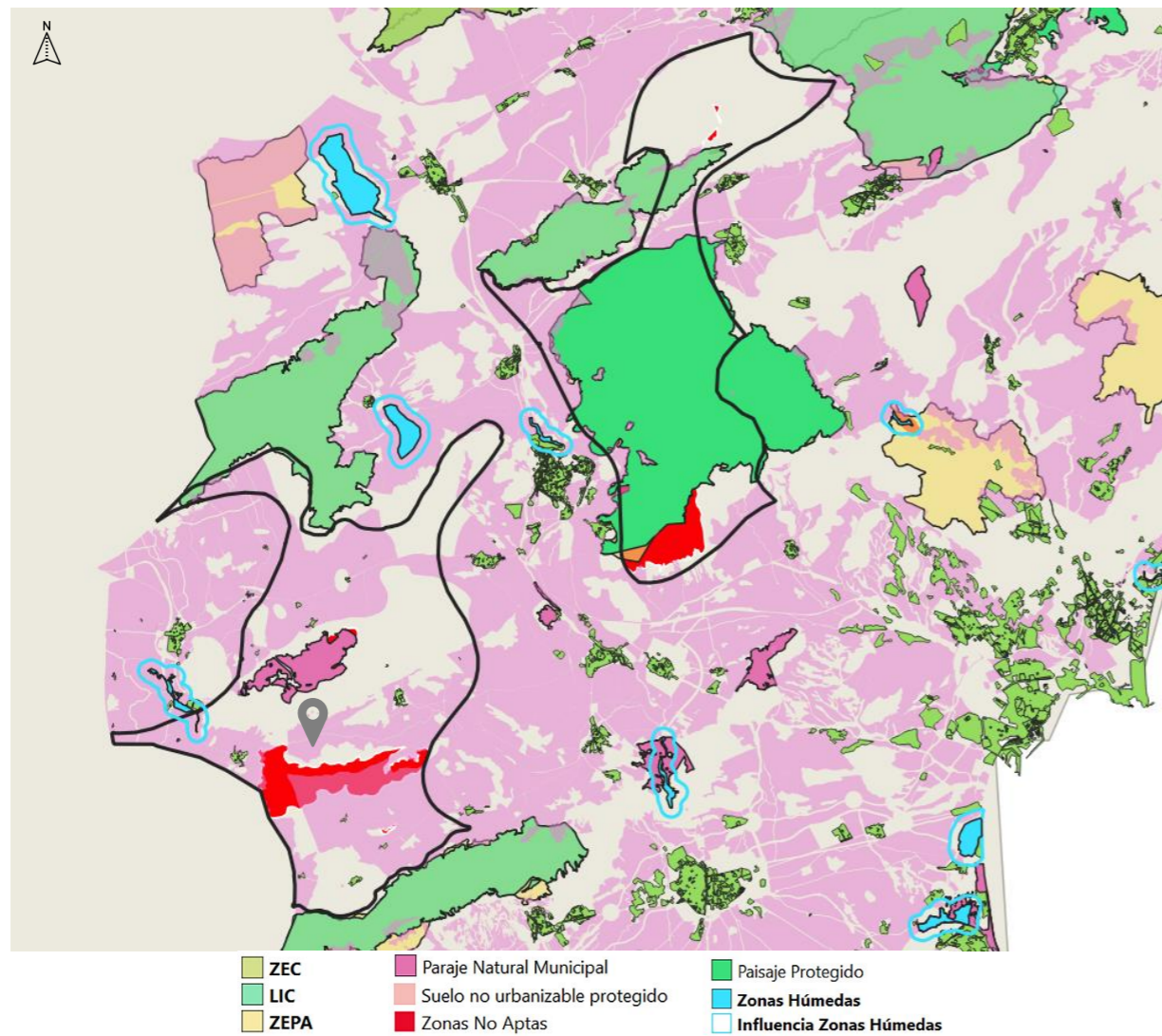


Figura 70. Aprovechamiento eólico disponible de la Zona 15  
(Fuente: propia a partir de QGIS)

## 7. Elección de los emplazamientos óptimos

Una vez analizadas las cinco zonas disponibles sobre las que se puede llevar a cabo el recurso eólico atendiendo a los tres criterios indicados en el apartado 6. *Características de los posibles emplazamientos*, han podido identificarse cinco emplazamientos óptimos para realizar sobre ellos el diseño del parque eólico los cuales presentan características distintas en función de cada uno de ellos.

A continuación, se analizarán de manera conjunta todos ellos con el objetivo de poder identificar algún emplazamiento que presente grandes diferencias respecto al resto y pueda ser desestimado para diseñar el parque eólico sobre él.

Atendiendo al porcentaje de tiempo de trabajo y horas equivalentes de cada uno de los emplazamientos pueden observarse valores muy similares entre ellos, sin embargo, sobre el emplazamiento ubicado entre los municipios de Vilafamés y La Pobra Tornesa de la Zona 5 puede identificarse el menor de ellos. Podría desestimarse dicho emplazamiento para diseñar el parque eólico sobre él, en cambio, en estos momentos con el precio de venta de la energía puede considerarse rentable cualquier emplazamiento pues la relación coste-beneficio que se pueda obtener en función de las horas equivalentes será siempre beneficioso.

Zona	Emplazamiento	Producción (%)			Tiempo de trabajo (%)	Horas equivalentes (hrs)
		Parcial	Nominal	Equivalente		
Zona 4	Coves de Vinromà	56,06	10,37	28,02	38,39	3.363
Zona 5	Vilafamés y La Pobra Tornesa	57,01	4,18	28,50	32,69	2.863
Zona 13	Cañada	67,23	4,34	33,61	37,95	3.324
Zona 14	Xixona	52,93	12,36	26,46	38,82	3.401

Tabla 11. Porcentaje de producción, tiempo de trabajo y horas equivalentes de los emplazamientos óptimos (Fuente: propia)

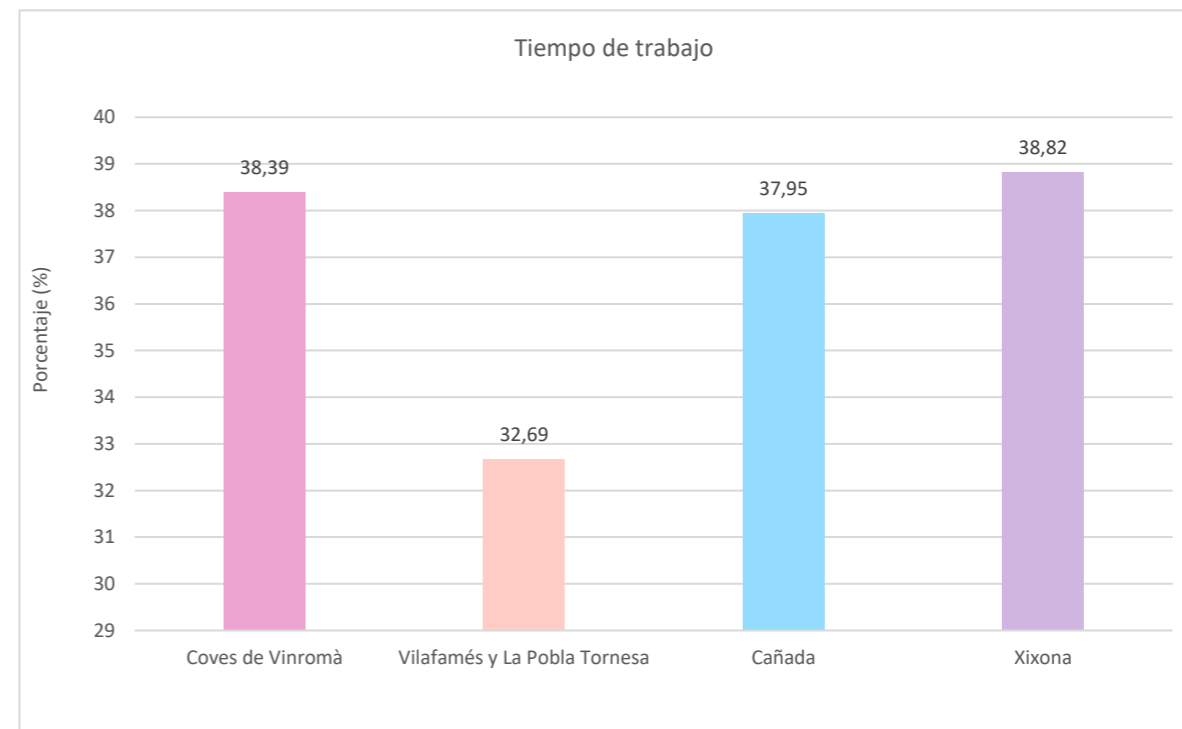


Gráfico 19. Porcentaje de tiempo de trabajo de los posibles emplazamientos (Fuente: propia)

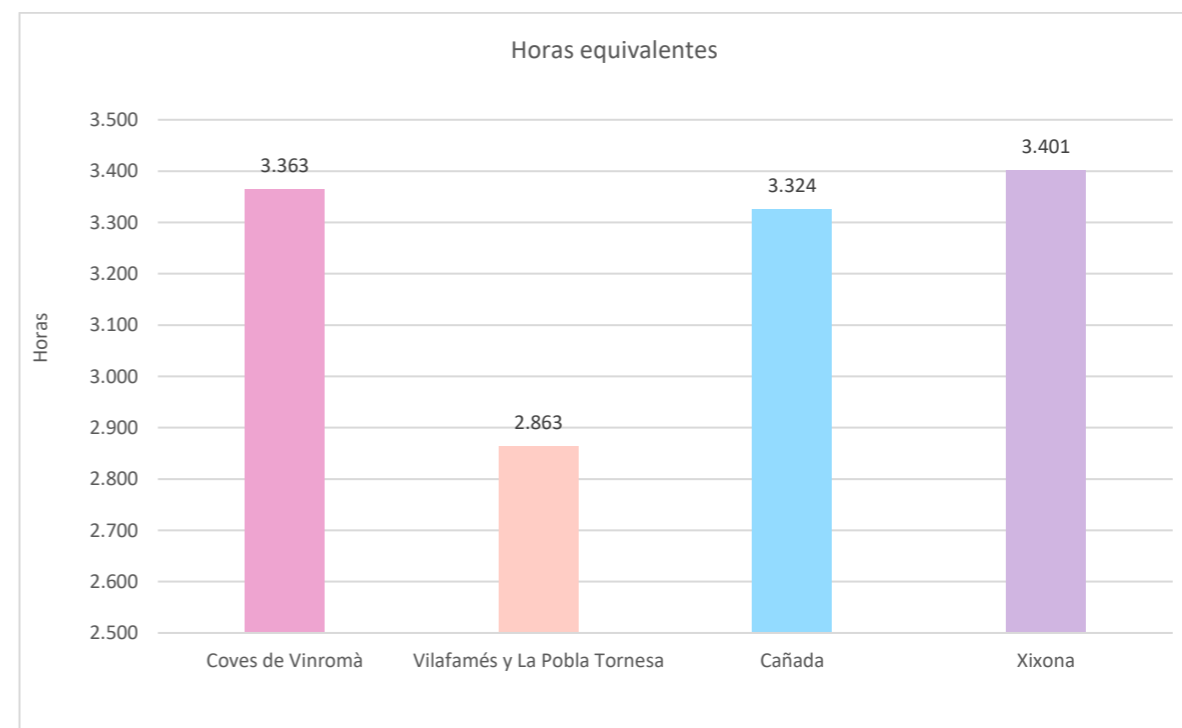


Gráfico 20. Horas de trabajo de los posibles emplazamientos (Fuente: propia)

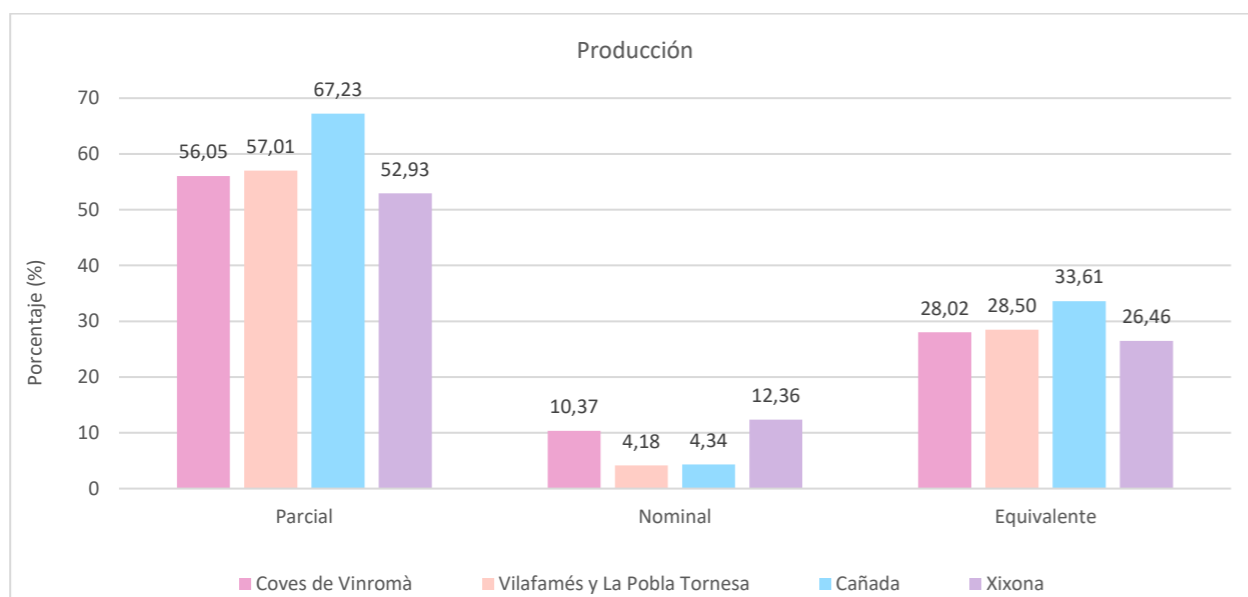


Gráfico 18. Porcentaje producción parcial, nominal y equivalente de los posibles emplazamientos (Fuente: propia)

Considerando el resto de condicionantes que conforman el “Criterio energético”, puede identificarse que sobre el emplazamiento ubicado en las inmediaciones del municipio de La Cañada no se podría alcanzar la potencia de referencia impuesta por el Plan Eólico. Por este motivo, ya que uno de los objetivos se corresponde con aproximarse lo máximo posible a dicha potencia dicho emplazamiento es desestimado para poder realizar el diseño del parque eólico sobre él.

Del mismo modo, sobre dicho emplazamiento puede identificarse una longitud en la perpendicular de la dirección predominante de los vientos insuficiente para emplazar los aerogeneradores en una misma fila y así alcanzar como mínimo 30 MW. Asimismo, sobre él se identifica una densidad de potencia inferior a la indicada por el Atlas Eólico para ser identificada como zona con recurso aprovechable, por lo tanto, atendiendo a estos tres argumentos queda justificado que dicho emplazamiento tampoco sea el más idóneo sobre el que diseñar el parque eólico.

		Superficie (km <sup>2</sup> )	Longitud en perpendicular a la dirección predominante del viento (m)	Facilidad instalación	Posible alcanzar potencia de referencia (MW)	Densidad potencia (W/m <sup>2</sup> )
Zona 4	Coves de Vinromà	12,96	3.940,96	Si	Si (75)	580
Zona 5	Vilafamés y La Pobla Tornesa	5,02	4.044,15	Si	Si (145)	408
Zona 13	Cañada	12,02	<b>1.752,94</b>	Si	<b>No (75)</b>	<b>190</b>
Zona 14	Xixona	6,15	6.312,27	Si	Si (75)	560

Tabla 12. Superficie aprovechable, longitud disponible en perpendicular, facilidad instalación, alcance potencia de referencia y densidad de potencia sobre los emplazamientos óptimos (Fuente: propia)

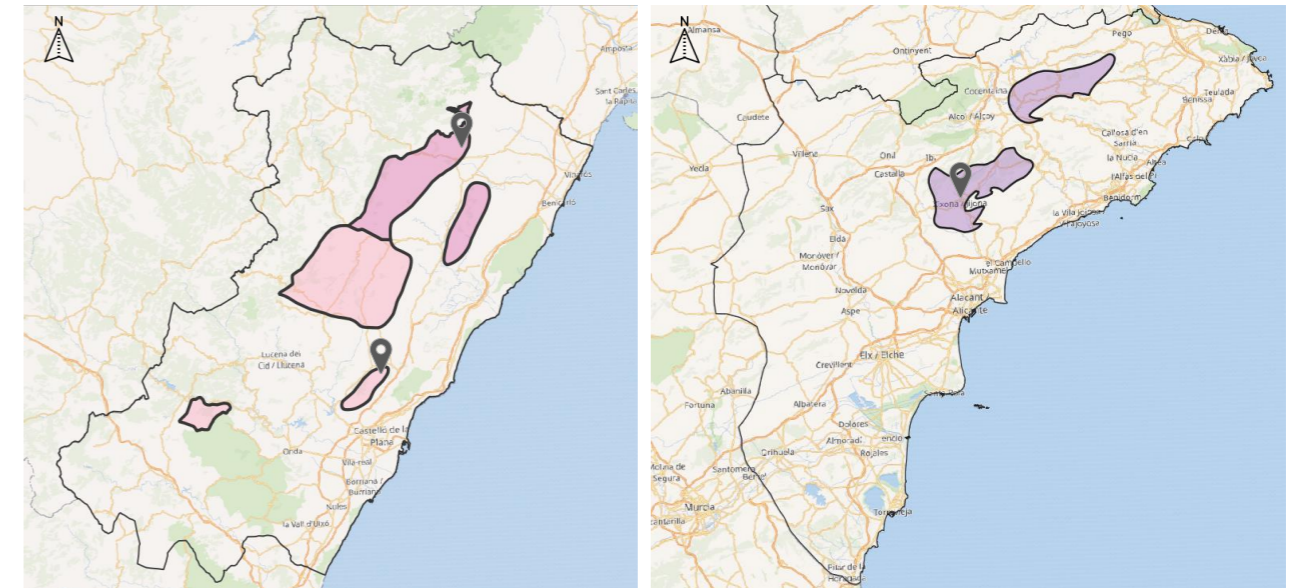


Figura 71. Localización emplazamientos óptimos escogidos (Fuente: propia)

		Tiempo de trabajo (%)	Horas equivalentes (hrs)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Longitud en perpendicular a la dirección predominante del viento (m)	Facilidad instalación	Posible alcanzar potencia de referencia (MW)	Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> )
Zona 4	Coves de Vinromà	38,39	3.363	12,96	3.940,96	Si	Si (75)	580
Zona 5	Vilafamés y La Pobla Tornesa	32,69	2.863	5,02	4.044,15	Si	Si (145)	408
Zona 14	Xixona	38,82	3.401	6,15	6.312,27	Si	Si (75)	560

Tabla 13. Características emplazamientos óptimos escogidos (Fuente: propia)

Finalmente, se establecen tres emplazamientos sobre los que se llevará a cabo el diseño del aprovechamiento energético como de la obra lineal donde posteriormente se realizará un análisis multicriterio para determinar cuál de ellos es identificado como óptimo para ejecutar el parque eólico en la Comunidad Valenciana.

Dos de los emplazamientos se ubican en la provincia de Castellón estando cada uno de ellos sobre las dos únicas zonas que no posee ningún parque eólico, Zona 4 y Zona 5. En cambio, el otro restante se encuentra en la provincia de Alicante sobre la parte central de dicha provincia correspondiente con la Zona 14.

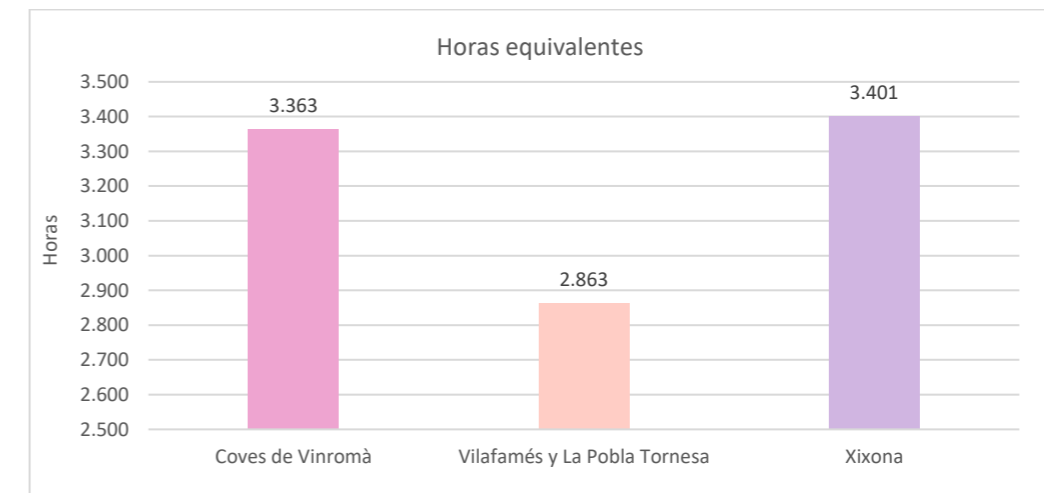


Gráfico 21. Horas equivalentes de los emplazamientos óptimos escogidos (Fuente: IDAE)



## CARACTERIZACIÓN DEL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO

Con el objetivo de caracterizar en profundidad el potencial eólico de cada uno de los emplazamientos óptimos escogidos se desarrolla en este capítulo las características del recurso eólico a partir del perfil de velocidades y la distribución de frecuencias de velocidades de cada uno de ellos. Del mismo modo, se lleva a cabo un análisis de los aerogeneradores disponibles en el mercado para elegir posteriormente el adecuado para cada emplazamiento atendiendo al análisis técnico y económico de cada uno de ellos.

### 8. Caracterización del recurso eólico

La velocidad del viento varía con la altura, como se ha indicado en el “*Criterio energético*” de la *Zona 4*, obteniéndose menores valores a medida que se aproxima a el suelo debido a la influencia de la rugosidad del terreno y la presencia de obstáculos como árboles o edificios, por este motivo, sobre cada emplazamiento es necesario especificar la rugosidad del terreno para determinar el perfil de velocidades a partir de la siguiente expresión siendo necesario consultar los valores de rugosidad superficial establecidos por el Atlas Eólico en función de los distintos tipos de superficies.

$$\frac{v}{v_{ref}} = \frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_0}\right)}$$

Siendo:

- $v$  (m/s) : velocidad
- $v_{ref}$  (m/s) : velocidad de referencia
- $z$  (m) : altura
- $z_0$  (m) : rugosidad
- $z_{ref}$  (m) : altura de referencia

*Ecuación 1. Ley del perfil logarítmico del viento*

Descripción	Rugosidad (m)
Glaciares y nieves perpetuas	0,003
Cultivos	0,03
Prados y herbazales	0,05
Terrenos con arbustos	0,07
Bosques caducifolios	0,60
Bosques perennifolios y mixtos	0,75
Zonas urbanas	0,75

*Tabla 14. Rugosidad superficial en función de la superficie (Fuente: Atlas Eólico)*

El tipo de superficie de cada emplazamiento será identificado a partir de la base de datos proporcionada por el Corine Land Cover 2018 en función de los diferentes usos del suelo que se puedan diferenciar en cada uno de ellos.

A partir de la rosa de los vientos de cada emplazamiento puede verificarse que la velocidad en una misma dirección no es siempre la misma, asimismo, todas las direcciones del viento quedan representadas a partir de las velocidades que inciden en cada una de ellas lo que permite identificar aquellas en las que el viento incide con mayor intensidad y frecuencia.

Para lograr un buen conocimiento del recurso eólico se debe atender a todo el rango de velocidades, como se ha procedido en el apartado 6. *Características de los posibles emplazamientos* para cada emplazamiento. Sin embargo, sobre los cuatro emplazamientos óptimos escogidos se obtiene dicha distribución de frecuencias de velocidades de manera exacta a partir de una distribución de Weibull pues la frecuencia con la que el viento sopla a cada velocidad sigue este tipo de distribución, siendo necesario obtener el factor de escala (A) y el factor de forma (k) de cada emplazamiento para su determinación.

$$F(v) = 1 - e^{-\left(\frac{v}{A}\right)^k} \qquad f(v) = \frac{k}{A} \left(\frac{v}{A}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{A}\right)^k}$$

*Ecuación 2. Distribución teórica de Weibull*

A continuación, en los siguientes apartados se desarrolla lo indicado para los tres emplazamientos óptimos escogidos para un análisis previo, ya que una vez escogido el aerogenerador a disponer en cada caso será necesario determinar dichas distribuciones a la altura correspondiente. Los valores obtenidos quedan recogidos en el [Apéndice 3](#).

#### 8.1. Zona 4 – Coves de Vinromà

##### · Perfil de velocidades

La rugosidad del terreno se corresponde con uno de los factores más relevantes para caracterizar el recurso eólico ya que influye notablemente en el perfil de velocidades del viento. En caso de existir un valor alto se producirá una mayor deceleración del viento y con ello se obtendrá un perfil de velocidades que permitirá obtener menor energía con los aerogeneradores.

Atendiendo a los usos del suelo en el emplazamiento disponible sobre las inmediaciones de les Coves de Vinromà predominan diferentes tipos de vegetación como frutales, olivares, mosaicos de cultivos, pastizales naturales y vegetación esclerófila; por lo tanto, una extensión es identificada como terrenos con arbustos y bosques perennifolios. Representada en la [Figura 72](#).

La identificación de dos tipos de superficies sobre este emplazamiento implica la valoración de dos rugosidades superficiales distintas, sin embargo, se caracteriza por presentar mayor extensión del segundo tipo de superficie identificado. Esto supone que se considere una rugosidad superficial de 0,75 metros.

Aplicando la ley del perfil logarítmico del viento indicada en la [Ecuación 1](#), puede obtenerse el siguiente perfil de velocidades del viento a partir de la velocidad y altura de referencia de este emplazamiento junto con la rugosidad indicada anteriormente (0,75 metros).

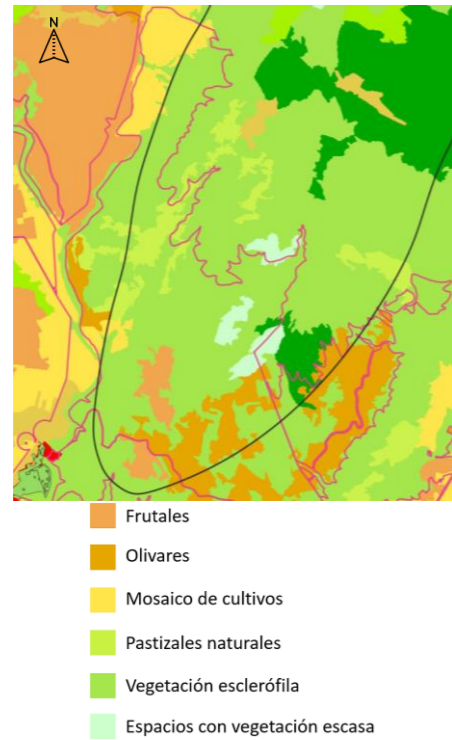


Figura 72. Usos del suelo del emplazamiento ubicado en las inmediaciones de Canet lo Roig (Fuente: Corine Land Cover)

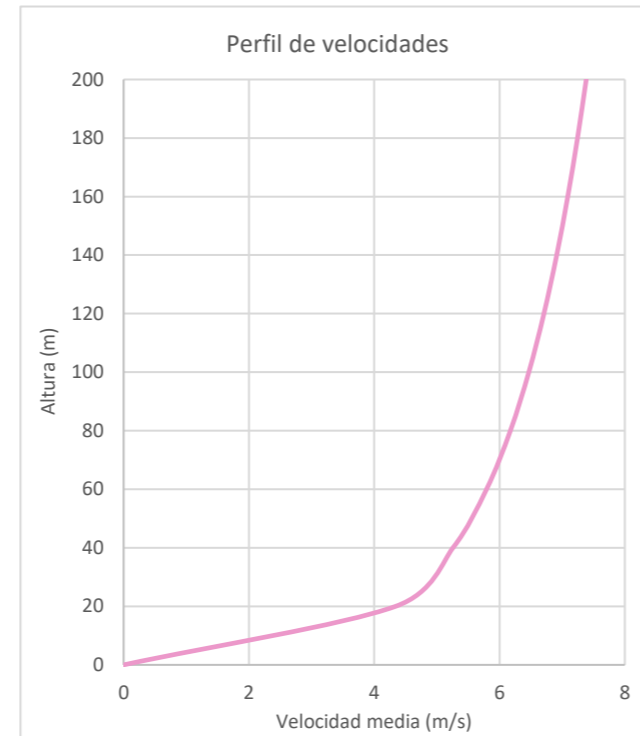


Gráfico 22. Perfil de velocidades a 100m del emplazamiento ubicado en las inmediaciones de Canet lo Roig (Fuente: propia)

· Distribución de frecuencias de velocidades

Haciendo uso de los valores proporcionados por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) del factor de escala como del factor de forma puede obtenerse para este emplazamiento la siguiente distribución de frecuencias del viento.

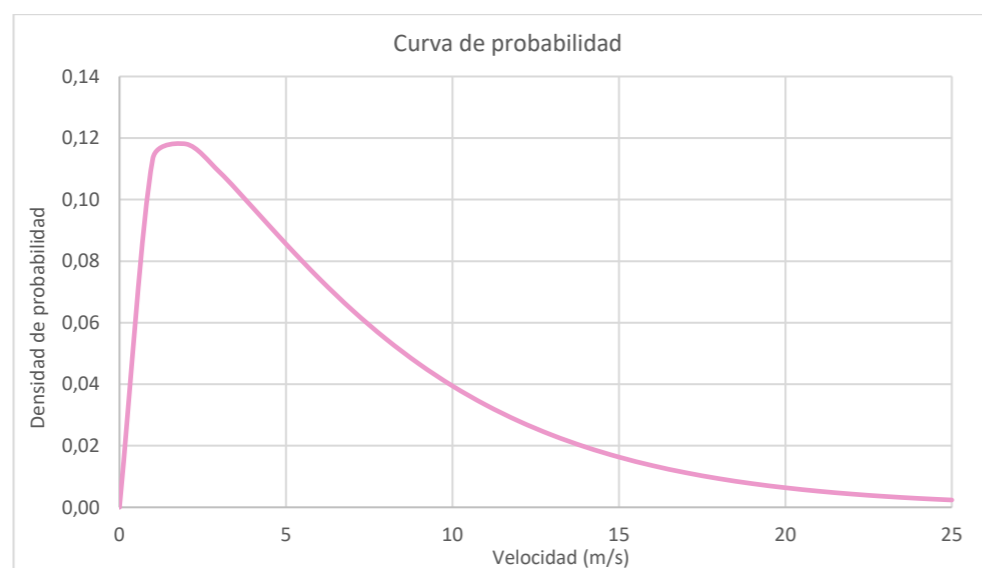


Gráfico 23. Distribución de Weibull a 100m de altura del emplazamiento ubicado en las inmediaciones de Canet lo Roig (Fuente: propia)

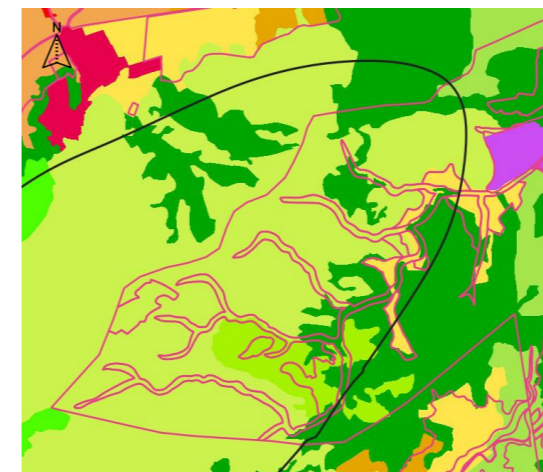
8.2. Zona 5 – Vilafamés y La Poble Tornesa

· Perfil de velocidades

Atendiendo a la extensión que ocupa este emplazamiento pueden identificarse cuatro tipos de vegetación diferentes, sin embargo, un grupo de ellas predomina respecto al resto y tendrá mayor relevancia para la determinación de la rugosidad superficial.

Como puede identificarse en la siguiente Figura 73, los bosques de coníferas ubicados en el límite que define la Zona 5 presentan el menor porcentaje de dicha superficie y sobre ellos no podrá disponerse la hilera de aerogeneradores al encontrarse muy próximos al municipio de La Poble Tornesa, por lo tanto, quedan desestimados para determinar la rugosidad superficial de dicho emplazamiento.

El resto de vegetación existente es clasificada como prados y herbazales lo cual supone un valor de la rugosidad superficial de 0,05 metros, el cual será empleado para obtener el perfil de velocidades que caracteriza a este emplazamiento.



- Mosaico de cultivos
- Pastizales naturales
- Matorral boscoso de transición
- Bosques de coníferas

Figura 73. Usos del suelo del emplazamiento ubicado en las inmediaciones de La Poble Tornesa (Fuente: Corine Land Cover)

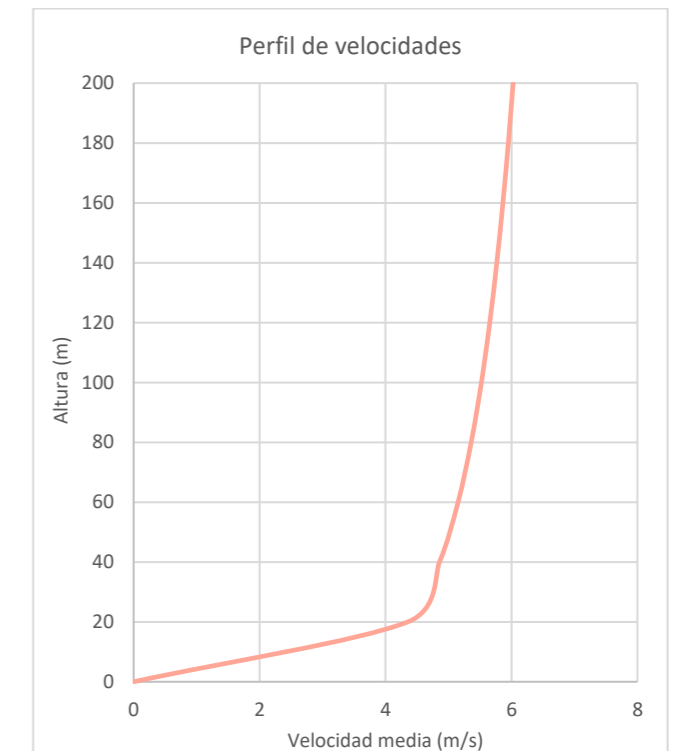


Gráfico 24. Perfil de velocidades a 100m del emplazamiento ubicado en las inmediaciones de La Poble Tornesa (Fuente: propia)

· Distribución de frecuencias de velocidades

La curva de probabilidad del viento también se obtiene a partir de la distribución de Weibull empleando en este caso los valores que caracterizan al factor de escala y forma de este emplazamiento.

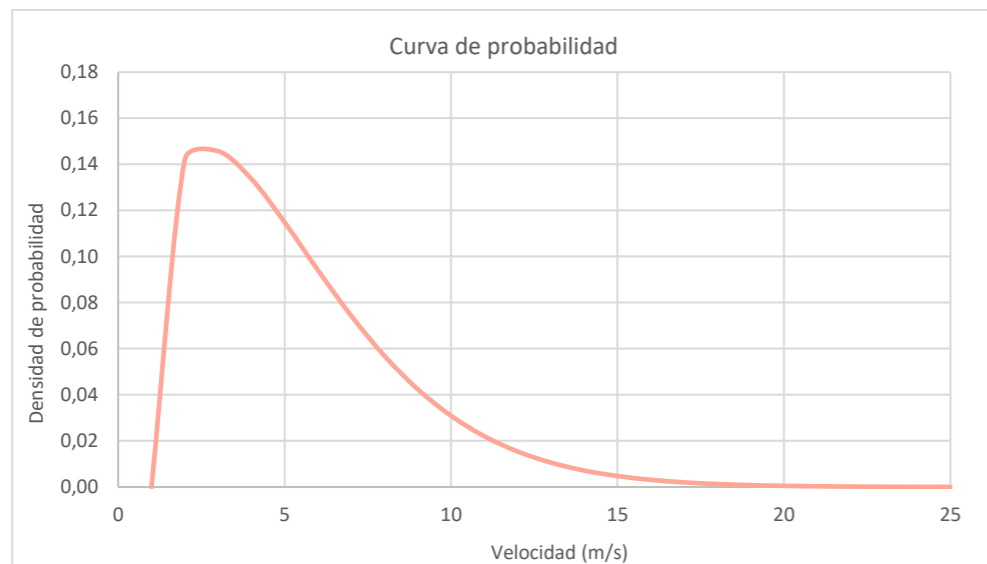


Gráfico 25. Distribución de Weibull a 100m de altura del emplazamiento ubicado en las inmediaciones de La Pobla Tornesa (Fuente: propia)

### 8.3. Zona 14 – Xixona

#### · Perfil de velocidades

Se identifican cinco tipos de vegetación distintos en la extensión que ocupa este emplazamiento los cuales se corresponden con mosaicos de cultivos, terrenos agrícolas con importantes espacios de vegetación natural, frutales, matorral boscoso de transición y bosques de coníferas. Esto permite identificar tres tipos de superficies diferentes: cultivos, terrenos con arbustos y bosques caducifolios; los cuales presentan un valor de rugosidad superficial distintos.

En este caso el parque eólico se emplazaría sobre las superficies identificadas como terrenos agrícolas con importantes espacios de vegetación natural y bosques caducifolios. Sobre la última nombrada se incide en mayor proporción, por lo que, se emplea un valor de rugosidad superficial de 0,6 metros para obtener el perfil de velocidades representando en el Gráfico 26.

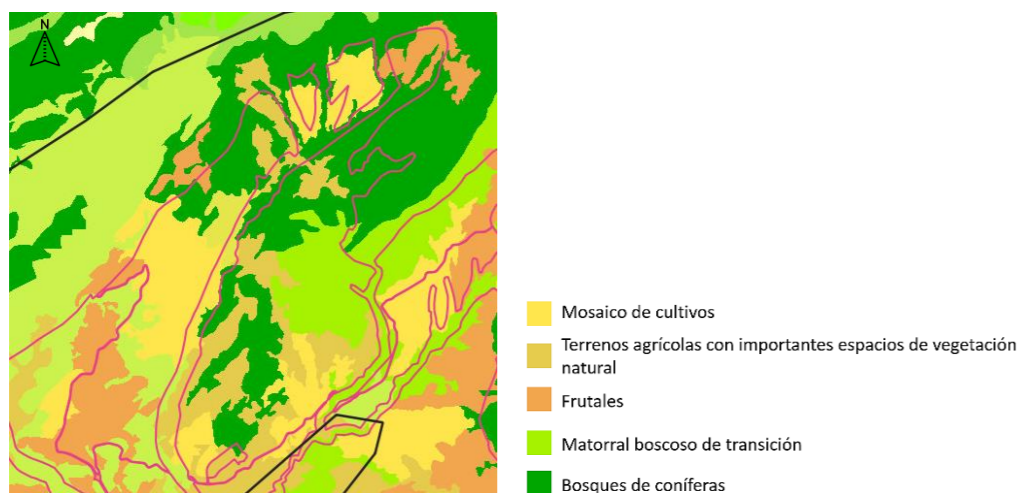


Figura 74. Usos del suelo del emplazamiento ubicado en las inmediaciones Xixona (Fuente: Corine Land Cover)

#### · Distribución de frecuencias de velocidades

A partir del factor de escala y de forma que caracteriza a este emplazamiento se obtiene la siguiente curva de probabilidad del viento a partir de la distribución de Weibull.

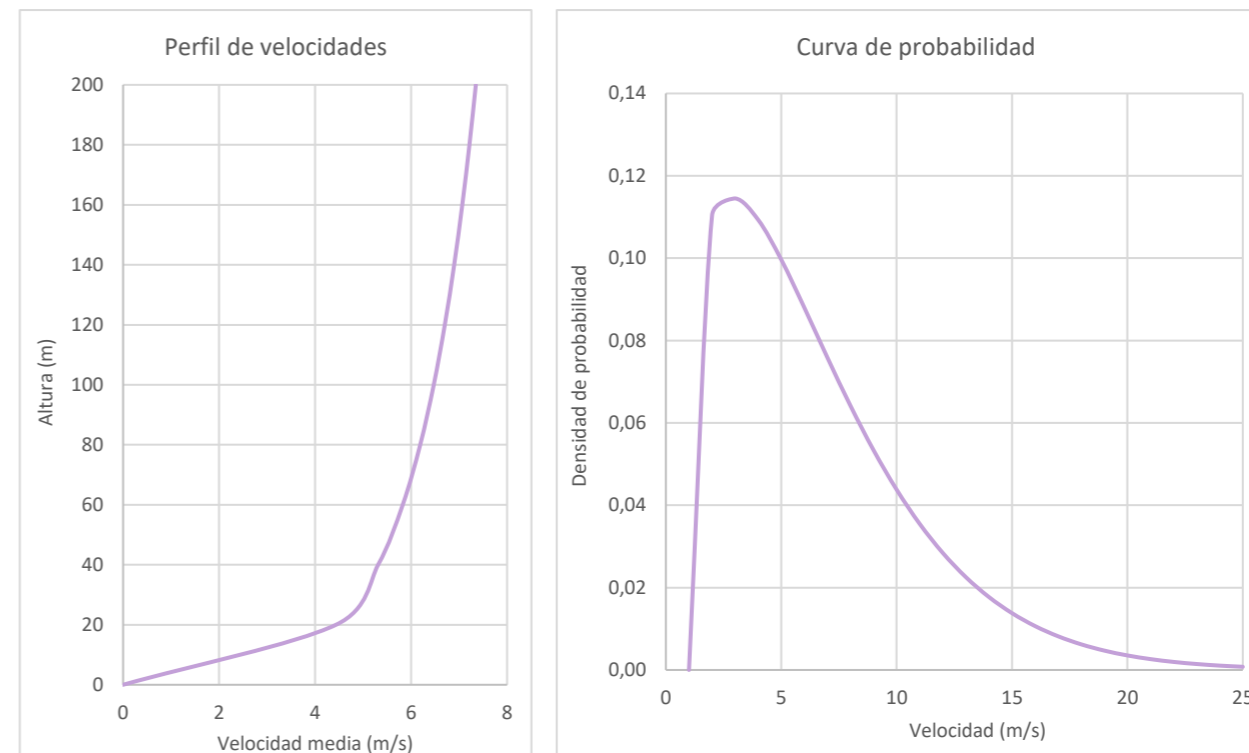


Gráfico 26. Perfil de velocidades y distribución de Weibull a 100m de altura del emplazamiento ubicado en las inmediaciones de Xixona (Fuente: propia)

### 8.4. Análisis recurso del eólico entre emplazamientos

Obtenidos los perfiles de velocidades de cada uno de los emplazamientos se procede a analizar todos ellos de manera conjunta. Presentan comportamientos distintos, sin embargo, se diferencian dos grupos diferenciados al presentar dos de ellos grandes similitudes.

Sobre el emplazamiento ubicado en la Zona 5 a medida que aumenta la altura se produce una mínima variación de velocidad debido, entre otros factores, al valor empleado de la rugosidad superficial. El valor empleado empleados se corresponde con 0,05 metros permitiendo obtener este tipo de perfil al aproximarse a cero.

Los perfiles de velocidades que caracterizan a los otros dos presentan una tendencia diferente al ya comentado, aunque en un primer tramo puede identificarse el mismo comportamiento. Sin embargo, en un segundo tramo a medida que aumenta la altura se produce una gran variación de la velocidad, es decir, un aumento de la variación de velocidad media. Los valores de la rugosidad superficial empleados permitirán obtener valores de velocidad mayores a menor altura en comparación con el emplazamiento de la Zona 5.

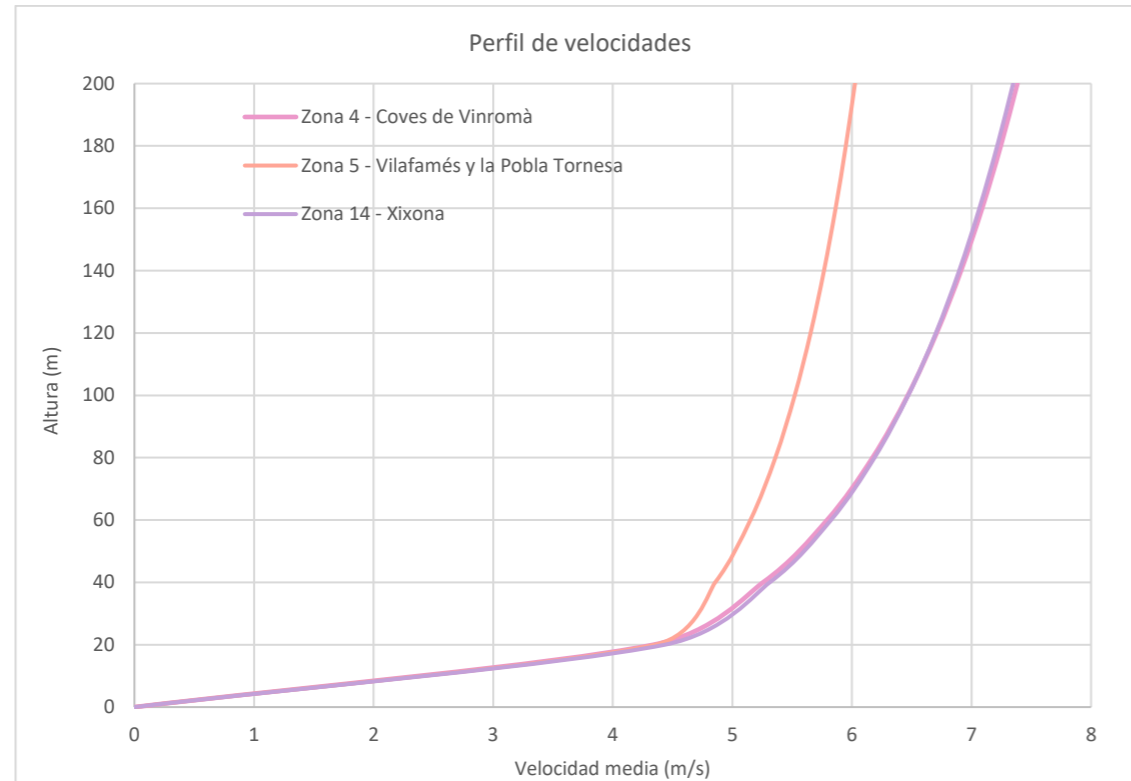


Gráfico 27. Perfil de velocidades a 100m de los emplazamientos óptimos  
(Fuente: propia)

El perfil de velocidades de cada uno de los emplazamientos posibles será determinante en la elección del aerogenerador a disponer en cada uno de ellos debido a que la potencia se obtiene a partir de dicha velocidad al cubo.

Atendiendo a la distribución teórica de Weibull puede identificarse la curva de probabilidad del viento que caracteriza a cada caso donde, de nuevo, pueden identificarse tres comportamientos diferentes para cada emplazamiento. Sin embargo, dos de ellas presentan un compartimiento muy similar.

La curva de probabilidad de los vientos del emplazamiento ubicado en las inmediaciones de Xixona se caracteriza por presentar la mayor frecuencia en altas velocidades. Sin embargo, en todos los casos el máximo de frecuencias se alcanza a una velocidad media anual muy parecida en torno a 2,35 m/s.

Tras atender a todos los factores que conforman el recurso eólico disponible no puede determinarse, a priori, que emplazamiento permitirá obtener el mejor recurso eólico de los tres considerados óptimos.

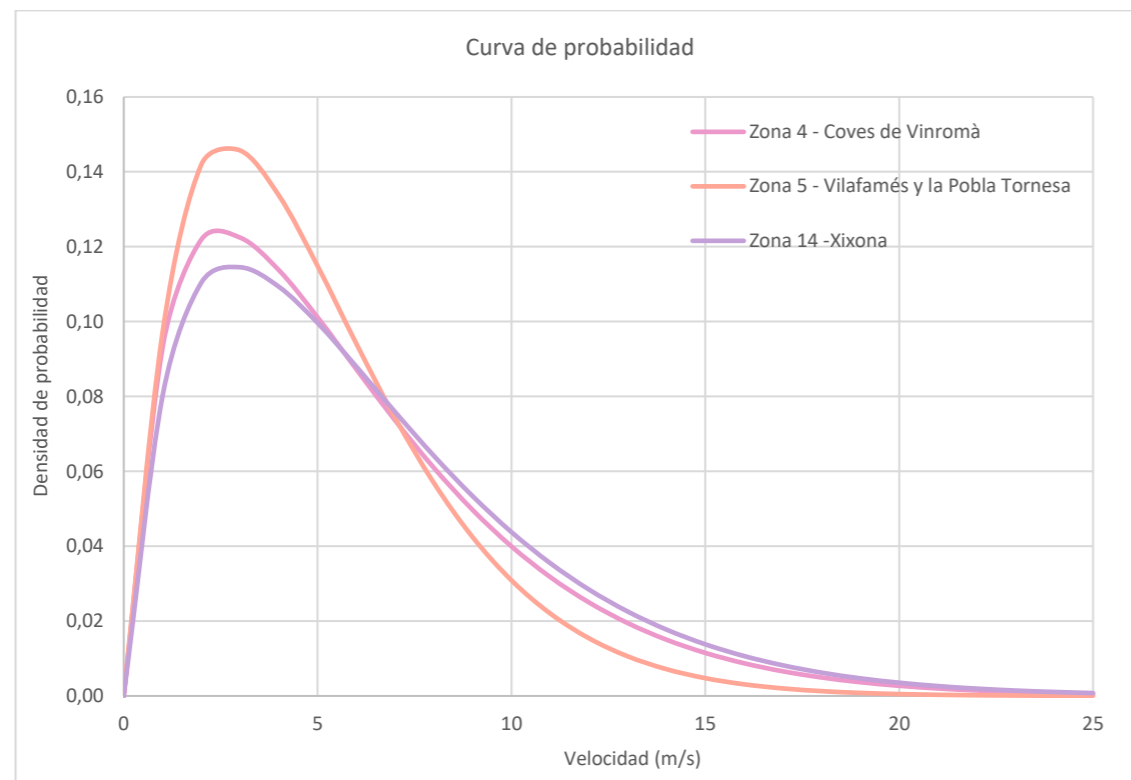


Gráfico 28. Distribución de Weibull a 100m de altura de los emplazamientos  
(Fuente: propia)

## 9. Elección del aerogenerador óptimo

El aerogenerador a disponer en cada uno de los emplazamientos posibles es determinante para la producción energética a alcanzar junto con la disposición en planta de cada parque eólico.

En este apartado se lleva a cabo tanto la categorización del viento en cada uno de los emplazamientos como un estudio de los modelos de aerogeneradores disponibles en el mercado con el objetivo de determinar los posibles a disponer en cada uno de ellos.

Para finalizar se realiza tanto un análisis técnico como económico para cada tipo de aerogenerador permitiendo así determinar que aerogenerador se dispondrá en cada uno de los emplazamientos posibles y continuar así con el diseño del parque eólico.

### 9.1. Clase y categoría del viento de los emplazamientos óptimos

La Comisión Internacional de Electrotecnia (IEC por sus siglas en inglés) tiene como objetivo la estandarización en materia de la electrónica y la electricidad, a partir de sus publicaciones transmite las recomendaciones para uso internacional. En este caso, se atiende a la norma IEC 61400-1 ya que se remarcan los requerimientos mínimos de diseño para asegurar la integridad ingenieril de los aerogeneradores durante su vida útil.

Se definen diferentes clases de aerogeneradores en función de la velocidad del viento o de los parámetros de turbulencia, por lo tanto, la localización donde se dispondrá el aerogenerador es prácticamente dependiente al indicar la capacidad del mismo de resistir una velocidad e intensidad de turbulencia determinadas a la altura del buje.

Clase de turbina de viento	I	II	III	S
$V_{ref}$ (m/s)	50	42,5	37,5	Valores especificados por el diseñador
A $I_{ref}$ (-)	0,16			
B $I_{ref}$ (-)	0,14			
C $I_{ref}$ (-)	0,12			

Tabla 15. Clases de aerogeneradores  
(Fuente: IEC 61400-1)

Siendo:

- $v_{ref}$ : velocidad del viento a la altura del buje promediado en un periodo de 10 minutos, obtenido a partir de la velocidad media anual del viento en la zona.

$$v_{ref} = \frac{v_{media\ anual}}{0,2}$$

- $I_{ref}$ : valor esperado de intensidad de turbulencia a la altura del buje en un periodo de 10 minutos para una velocidad promedio del viento a 15 m/s
- A: características de turbulencia alta
- B: características de turbulencia media
- C: características de turbulencia baja

Para cada emplazamiento óptimo se obtiene la clase de turbina de viento a disponer lo cual influirá notablemente en la elección del tipo de aerogenerador de los disponibles en el mercado. Como puede comprobarse en la [Tabla 16](#) sobre los tres emplazamientos posibles se identifica la misma clase de turbina

de viento siendo III, donde la velocidad de referencia a la altura del buje es 37,5 m/s. Influirá notablemente en la elección del tipo de aerogenerador de los disponibles en el mercado al tratarse de ser condición indispensable a cumplir.

La intensidad de turbulencia está relacionada con la estabilidad atmosférica la cual indica si el viento es de un tipo u otro en un emplazamiento. Para cada caso se ha atendido al mapa de velocidades medias del viento con el fin de identificar qué tipo de características de turbulencia se podría producir en cada caso, lo cual ha podido identificar las indicadas en la siguiente [Tabla 16](#).

La turbulencia identificada en cada emplazamiento óptimo influirá notablemente en la determinación de qué tipos de aerogeneradores se podrán disponer, ya que serán preferibles aquellos con menor intensidad de turbulencia al presentar menor coste.

Por lo tanto, se deberán atender estos dos criterios comentados para comprobar la compatibilidad de los aerogeneradores a la altura del buje atendiendo tanto a la velocidad como a la intensidad de turbulencia.

	Emplazamiento	$V_{media\ anual}$	$V_{ref}$	Clase turbina de viento	Intensidad de referencia
Zona 4	Coves de Vinromà	32,34	37,5	III	B
Zona 5	Vilafamés y La Pobla Tornesa	27,61			
Zona 14	Xixona	32,36			

Tabla 16. Clase de aerogenerador a disponer sobre los emplazamientos óptimos  
(Fuente: propia)

### 9.2. Aerogeneradores comerciales disponibles

La Asociación Empresarial Eólica (AEE) proporciona un catálogo de la industria eólica en España donde se pueden identificar los diferentes fabricantes de aerogeneradores en el país. Cada una de las empresas ha sido analizada y con ello se han identificado aquellas sobre las que se dispone suficiente información técnica de los aerogeneradores, las cuales se corresponden con:

- Enercon
- GE Renewable Energy
- Nordex Eenergy Spain
- Siemens Gamesa
- Vestas

Se realiza un estudio de mercado atendiendo a los todos los modelos de aerogeneradores disponibles de cada una de ellas lo cual permitirá identificar de manera rápida y sencilla los modelos de aerogeneradores factibles para cada uno de los emplazamientos óptimos.

En un primer lugar, de cada casa comercial se clasifican los modelos disponibles en función del tipo de viento que pueda tolerar cada uno de ellos diferenciando tres grupos a partir de la clasificación del viento llevada a cabo por la norma IEC 61400-1. Únicamente serán relevantes aquellos clasificados como vientos bajos pues se corresponden con la clase de turbina de viento III al ser identificada en los tres emplazamientos óptimos.

Seguidamente, aquellos únicamente disponibles sobre vientos bajos serán catalogados en función de la intensidad de turbulencia lo cual permitirá determinar los modelos de aerogeneradores posibles para cada uno de los emplazamientos óptimos.

En las siguientes figuras quedan recogidos los diferentes modelos de aerogeneradores atendiendo a cada casa comercial, sin embargo, en la *Figura 80* quedan recopilados los modelos disponibles de aerogeneradores compatibles atendiendo a la intensidad de turbulencia para la clasificación de turbina de viento III. Del mismo modo, en la *Tabla 17* quedan recogidas las características técnicas de los aerogeneradores que facilitan dicha información siendo imprescindible para continuar con la elección del aerogenerador de cada emplazamiento.



Figura 77. Aerogeneradores comerciales disponibles en Nordex Energy (Fuente: Nordex Energy)

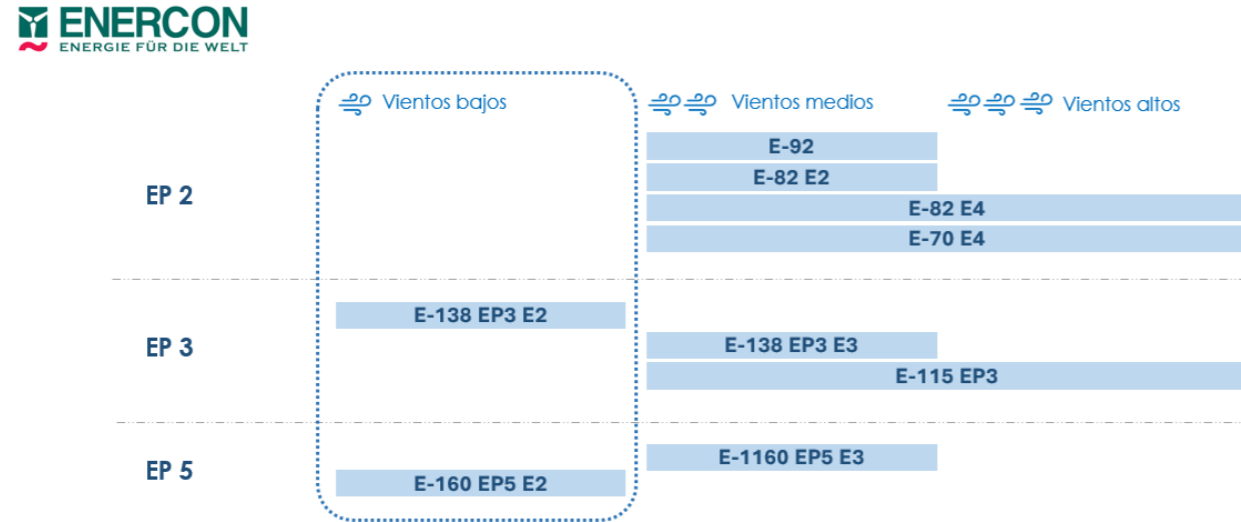


Figura 75. Aerogeneradores comerciales disponibles en Enercon (Fuente: Enercon)

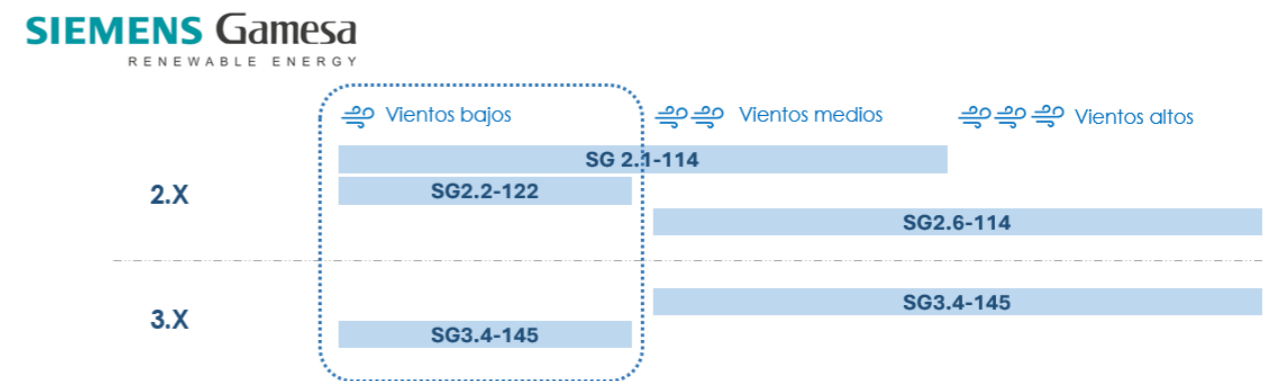


Figura 78. Aerogeneradores comerciales disponibles en Siemens Gamesa Renewable Energy (Fuente: Siemens Gamesa Renewable Energy)

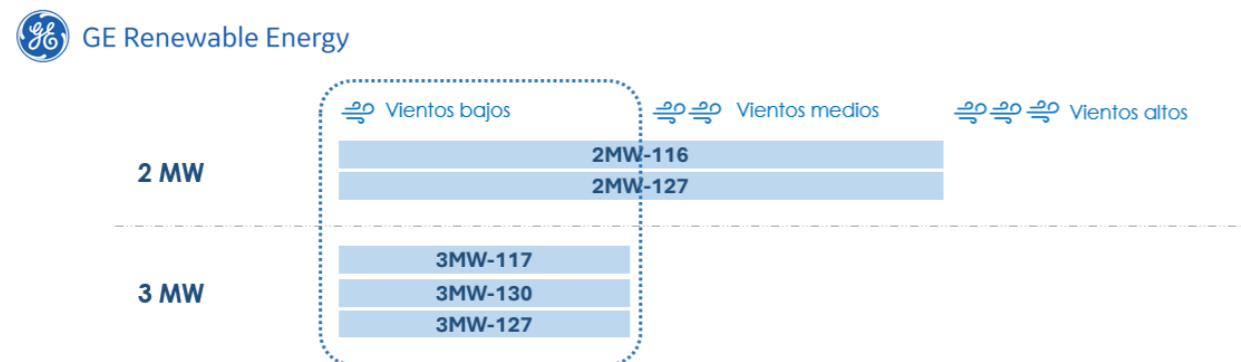


Figura 76. Aerogeneradores comerciales disponibles en GE Renewable Energy (Fuente: GE Renewable Energy)

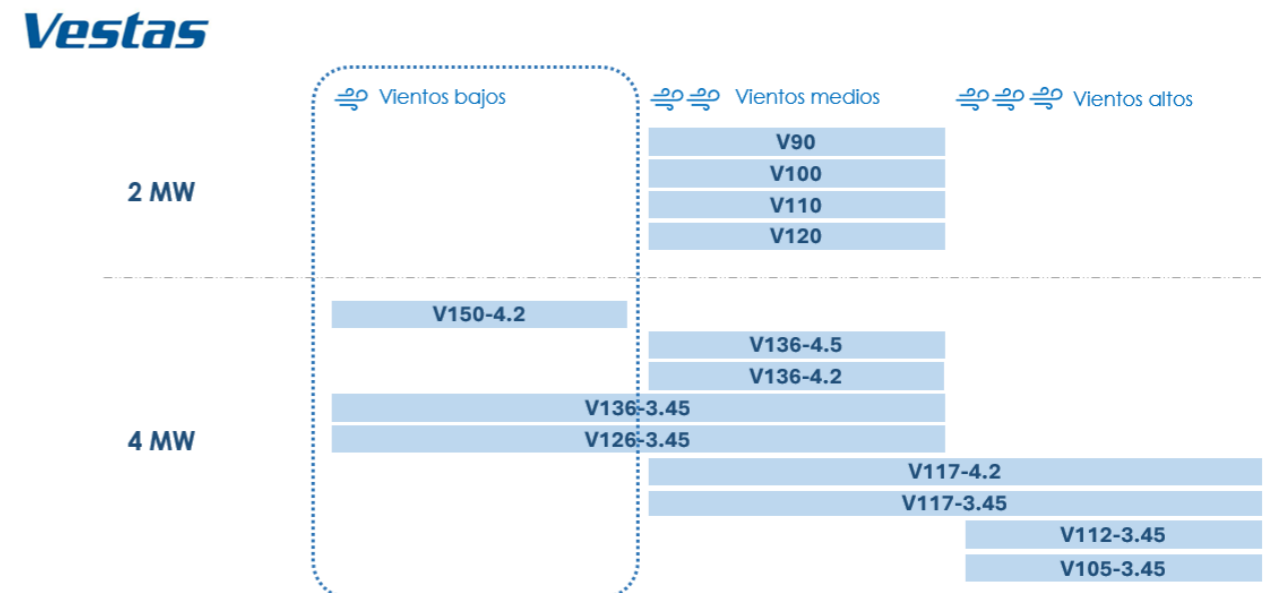


Figura 79. Aerogeneradores comerciales disponibles en Vestas Eólica (Fuente: Vestas Eólica)

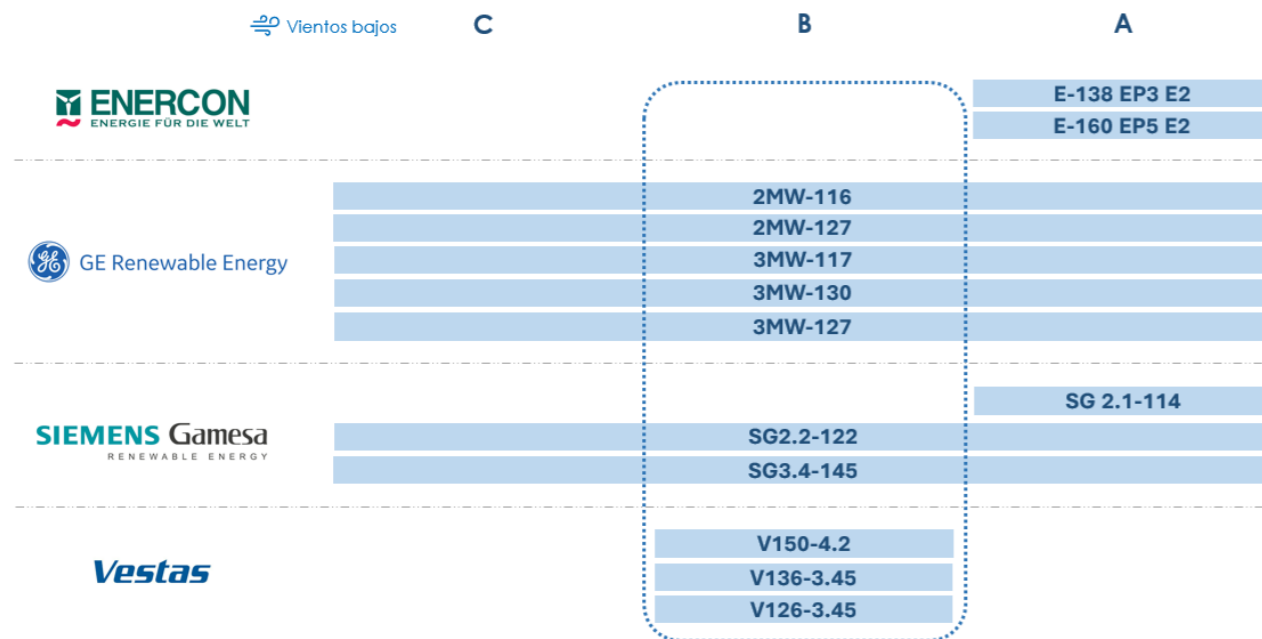


Figura 80. Aerogeneradores comerciales disponibles compatibles (Fuente: propia)

Marca	Modelo	Potencia nominal (MW)	Diámetro rotor (m)	Altura buje (m)	Área de barrido (m <sup>2</sup> )	Longitud palas (m)	Clase viento (IEC)	
	2MW-116	2	116	80 / 90 / 94	10.568	56,9	III B + C	<b>Z4</b>
	2MW-127	2	127	89 / 114	12.668	62,2	III B + C	
	SG2.2-122	2,2	122	108 / 127	11.690	60	III B + C	<b>Z5</b>
	V150-4.2	4,2	150	146	17.671	73,7	III B	<b>Z15</b>
	V136-3.45	3,45	136	132	14.527	66,7	III B	
	V126-3.45	3,45	126	87 / 117	12.469	61,7	III B	

Tabla 17. Características técnicas de los aerogeneradores disponibles (Fuente: propia)

En la *Tabla 16* se ha indicado para cada emplazamiento óptimo la clase de turbina de viento junto a la intensidad de turbulencia lo que ha permitido identificar el mismo tipo para cada caso. Tras realizar el estudio de los aerogeneradores disponibles en el mercado se indican en la *Tabla 17* aquellos que podrán disponerse en los tres emplazamientos óptimos junto con sus características técnicas al ser esenciales para el análisis técnico.

La casa comercial GE Renewable Energy no proporciona información técnica necesaria de las plataformas de turbinas capaces de alcanzar 3MW, por lo tanto, quedan desestimadas para este análisis al no poseer información relevante para poder realizarlo.

### 9.3. Tipología de aerogenerador a disponer

La elección del modelo de aerogenerador a disponer en cada uno de los emplazamientos óptimos se lleva a cabo a partir de un análisis técnico junto con un análisis económico de cada uno de ellos con el objetivo de atender a los condicionantes más relevantes para su determinación.

El análisis técnico atenderá a la producción anual, el factor de uso, las horas equivalentes y la energía aprovechada de cada uno de los modelos de aerogeneradores posibles a disponer en cada emplazamiento óptimo. Para ello es necesario atender tanto a las características físicas como la temperatura, elevación y rugosidad de cada uno de los emplazamientos junto con algunas de las características del recurso eólico a 100 metros de altura siendo la velocidad del viento, el factor de forma y el factor de escala.

El análisis económico se llevará a cabo a partir de la rentabilidad que conllevaría la disposición de un tipo de aerogenerador u otro en cada uno de los emplazamientos óptimos, para considerándose cuatro conceptos económicos como son el flujo de caja, el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el PayBack. En cada caso, se atenderá el número necesario de aerogeneradores de cada tipo para alcanzar una potencia de 30 MW al corresponderse con la mínima impuesta en este trabajo.

En los siguientes apartados se realizan ambos análisis para cada uno de los emplazamientos, sin embargo, únicamente sobre el primero de ellos se detalla en profundidad el proceso llevado a cabo pues no varía para el resto de los emplazamientos.

#### 9.3.1. Zona 4 – Coves de Vinromà

##### · Análisis técnico

Sobre este primer emplazamiento óptimo han podido identificarse seis modelos distintos de aerogeneradores a disponer, algunos de ellos se caracterizan por presentar distintas alturas de buje, por lo que, finalmente once modelos de aerogeneradores serán analizados como se indica en la *Tabla 17*.

Las marcas comerciales que distribuyen estos modelos de aerogeneradores no facilitan la curva de producción que caracteriza a cada uno de ellos, por lo que, a partir de la siguiente *Ecuación 3* se evalúa para cada uno de ellos al ser imprescindible para determinar la producción anual de cada uno de ellos.

$$Pot = \frac{E}{t} = \frac{1}{2} \cdot \rho_o \cdot A \cdot v^3 \cdot C_p$$

Siendo:

- $\rho_o$ : densidad del aire a 15°C de temperatura (1,225 kg/m<sup>3</sup>)
- A (m<sup>2</sup>): área de barrido del aerogenerador
- v (m/s): velocidad del viento
- $C_p$ : coeficiente de producción estimado para velocidades bajas (0,5)

*Ecuación 3. Potencia*

La obtención de los factores que conforman este análisis técnico, para cada uno de los modelos de aerogeneradores, se lleva a cabo atendiendo a las características físicas y eólicas que definen a este emplazamiento los cuales deben determinarse a la altura adecuada, a la altura del buje del aerogenerador analizado.

En este caso, dicho emplazamiento se encuentra a 382 metros de elevación siendo 15°C la temperatura media anual identificada a partir del *Mapa de temperatura media anual de España* elaborado por el Instituto Geográfico Nacional.

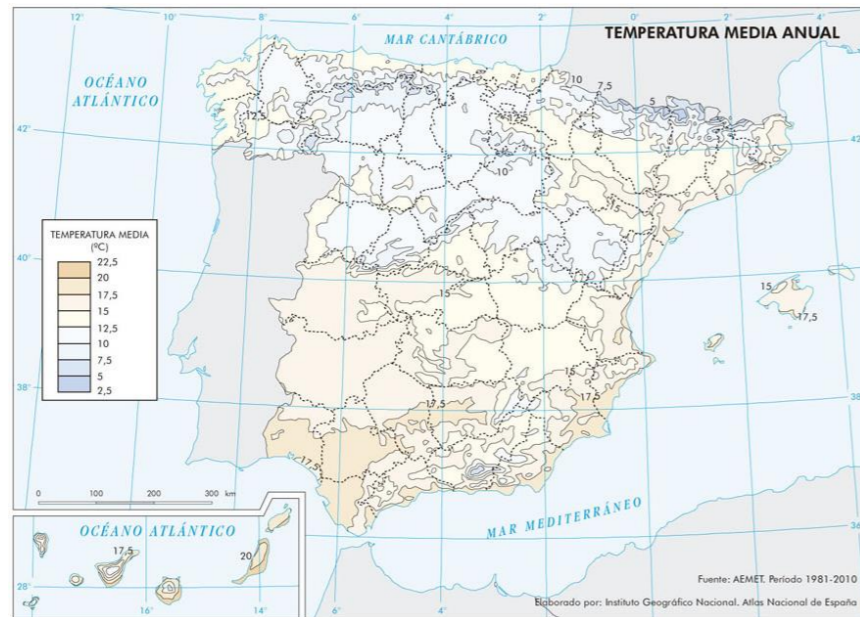


Figura 81. Mapa de temperatura media anual de España (Fuente: Instituto Geográfico Nacional)

Como se ha indicado en el apartado 8.1. la rugosidad superficial que caracteriza a este posible emplazamiento se corresponde con 0,75 metros, asimismo, como se ha indicado en el *Criterio energético* del apartado 6.1. *Zona 4* se obtiene una velocidad del viento de 6,468 m/s a 100 metros de altura junto con el siguiente valor del factor de escala y de forma respectivamente de 5,91 y 1,31.

Una vez atendidas tanto las características físicas como eólicas de este emplazamiento se llevan a cabo las siguientes relaciones para determinar la velocidad del viento a la altura del buje, la densidad del aire a dicha altura y el factor de escala corregido (A') junto con el factor de corrección de cada uno de los modelos de aerogenerador.

- Factor de escala corregido (A')

$$A' = A \cdot \frac{\log\left(\frac{h_b}{z_o}\right)}{\log\left(\frac{h_{ref}}{z_o}\right)}$$

Siendo:

- A : factor de escala
- h<sub>b</sub> (m) : altura del buje
- z<sub>o</sub> (m) : rugosidad superficial
- h<sub>ref</sub> (m) : altura de referencia (100m)

- Velocidad del viento a la altura del buje

$$v_{h,buje} = A' \cdot v_{ref}$$

Siendo:

- A' : factor de escala corregido
- v<sub>ref</sub> (m/s) : velocidad a la altura de referencia (100m)

- Densidad del aire a la altura del buje

$$\rho = \left(\rho_o \cdot e^{\frac{z}{8.435}}\right) - \frac{t - 15}{288}$$

Siendo:

- ρ<sub>o</sub>: densidad del aire a 15°C de temperatura (1,225 kg/m<sup>3</sup>)
- z (m) : elevación emplazamiento junto altura del buje
- t (°C) : temperatura

- Factor de corrección

$$\rho/\rho_o$$

	GE Renewable Energy				SIEMENS Gamesa		
	2MW-116		2MW-127		SG2.2-122		
Altura del buje (m)	80	90	94	89	114	108	127
Factor de escala corregido (A')	5,64047	5,78274	5,83526	5,76924	6,06827	6,00296	6,19870
Velocidad del viento a la altura de buje (m/s)	6,17302	6,32872	6,38621	6,31395	6,64121	6,56974	6,78396
Densidad del aire a la altura del buje (kg/m <sup>3</sup> )	1,15998	1,15861	1,15806	1,15875	1,15532	1,15614	1,15354
Factor de corrección	0,94693	0,94580	0,94536	0,94592	0,94312	0,94379	0,94166

Tabla 18. Valores corregidos atendiendo a las alturas de los aerogeneradores y características de la Zona 4 (1/2) (Fuente: propia)

	Vestas					
	V126-3,45		V136-3,5		V150-4,2	
Altura del buje (m)	87	117	132	146		
Factor de escala corregido (A')	5,74179	6,09964	6,24535	6,36711		
Velocidad del viento a la altura de buje (m/s)	6,28391	6,67555	6,83501	6,96827		
Densidad del aire a la altura del buje (kg/m <sup>3</sup> )	1,15902	1,15491	1,15285	1,15094		
Factor de corrección	0,94614	0,94278	0,94111	0,93955		

Tabla 19. Valores corregidos atendiendo a las alturas de los aerogeneradores y características de la Zona 4 (2/2) (Fuente: propia)

A partir de estos valores corregidos puede determinarse para cada uno de los aerogeneradores la potencia máxima del generador, la potencia corregida del viento y la potencia máxima teórica obtenida a partir del Límite de Betz. Posteriormente, se determinarán los factores que conforman este análisis técnico donde todos ellos serán analizados para determinar cuál de ellos permitiría un mayor aprovechamiento del recurso eólico.



La potencia máxima del generador y la potencia corregida del viento se obtienen a partir de la *Ecuación 3* indicada anteriormente, sin embargo, en estos casos se empleará el valor de la densidad del aire a la altura del buje correspondiente.

Para la obtención de la potencia máxima teórica a partir del Límite de Betz se debe emplear un coeficiente de producción de 0,59 debido a la incapacidad de las turbinas de aprovechar al completo la energía eólica disponible, indica el porcentaje de máxima explotación del recurso.

Obtenidas las potencias indicadas, a partir de la *Ecuación 2. Distribución teórica de Weibull* y empleando los valores corregidos, se determina la producción de cada una de ellas para cada uno de los modelos de aerogeneradores.

Seguidamente se obtendrán los factores de este análisis técnico a partir de las relaciones indicadas a continuación, quedando recogidos en la siguiente *Tabla 20*.

En primer lugar, la producción anual se corresponde con la obtenida a partir de la potencia máxima del generador. Seguidamente el factor de uso se determina a partir de la relación entre las horas equivalentes y las horas que existen durante un año (8.760 horas). Las horas equivalentes habrán sido obtenidas a partir de la relación entre la producción anual junto con la potencia máxima.

Por último, la energía aprovechada se corresponde con la relación entre la producción anual respecto a la producción anual obtenida a partir del Límite de Betz.

	GE Renewable Energy				SIEMENS Gamesa		
	2MW-116			2MW-127		SG2.2-122	
Altura del buje (m)	80	90	94	89	114	108	127
Producción anual (MWh)	6.077	6.252	6.315	6.765	7.115	7.179	7.420
Factor de uso (%)	36,63	37,73	38,13	40,82	43,06	39,47	40,88
Horas de funcionamiento	3.209	3.305	3.340	3.576	3.772	3.458	3.581
Energía aprovechada (%)	35,40	34,03	33,54	30,92	28,38	31,94	30,31

Tabla 20. Factores determinantes del análisis técnico de los aerogeneradores posibles a disponer en el emplazamiento de la Zona 4 (1/2) (Fuente: propia)

	Vestas			
	V126-3,45		V136-3,5	V150-4,2
Altura del buje (m)	87	117	132	146
Producción anual (MWh)	8.977	9.690	10.760	13.267
Factor de uso (%)	31,39	34,01	37,29	38,38
Horas de funcionamiento	2.750	2.979	3.267	3.362
Energía aprovechada (%)	42,22	38,73	34,68	33,42

Tabla 21. Factores determinantes del análisis técnico de los aerogeneradores posibles a disponer en el emplazamiento de la Zona 4 (2/2) (Fuente: propia)

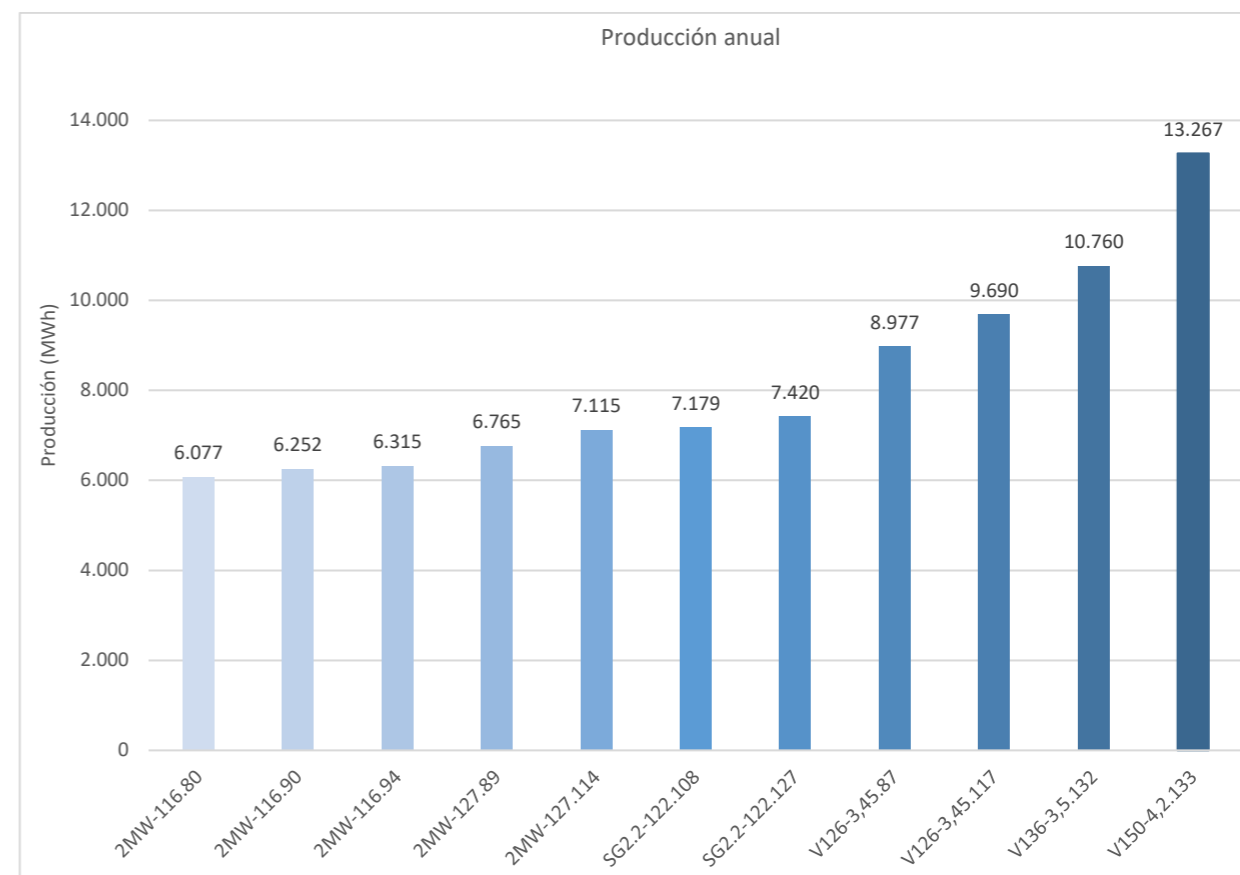


Gráfico 29. Producción anual de los aerogeneradores posibles a disponer en el emplazamiento de la Zona 4 (Fuente: propia)

Obtenidos los valores de los factores determinantes de este análisis técnico para cada uno de los modelos de aerogeneradores puede identificarse en una primera instancia como el modelo V150-4,2, perteneciente a la casa comercial Vestas con una altura de buje de 133 metros, permitiría obtener la mayor producción anual sobre este emplazamiento al poseer el valor superior.

Como puede identificarse en el *Gráfico 30*, ese mismo modelo se caracteriza por presentar la mayor relación de la producción anual respecto a la potencia nominal. Sin embargo, atendiendo a la relación del factor de uso frente a la producción nominal el modelo el modelo 2MW-127 de 114 metros de altura de buje perteneciente a GE Renewable Energy permitiría también un buen aprovechamiento del recurso eólico sobre esta zona.

Por lo tanto, una vez finalizado el *Análisis económico* podrá determinarse cuál de los modelos de aerogeneradores analizados se corresponderá con el óptimo a disponer en este emplazamiento posible.

En el *Apéndice 3* quedan recogidos todos los resultados obtenidos para cada uno de los modelos de aerogeneradores posibles a disponer sobre este emplazamiento.

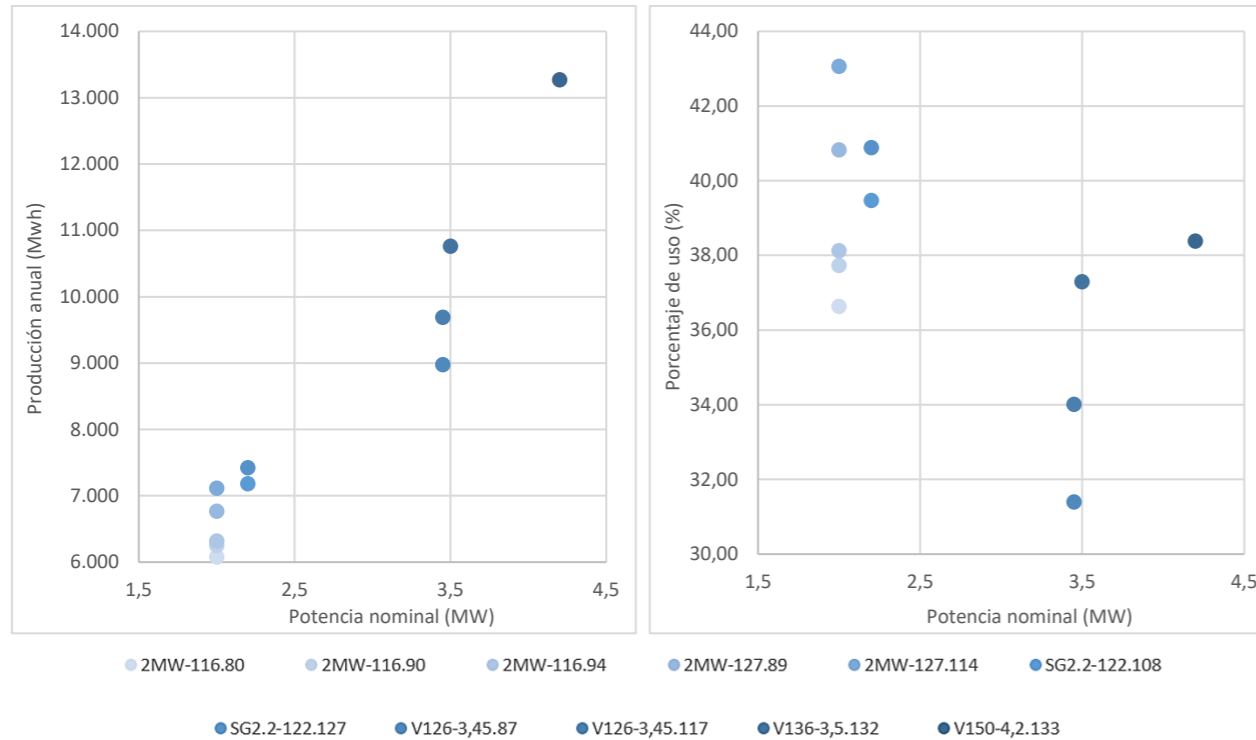


Gráfico 30. Relación producción anual y factor de uso junto con la potencia nominal de cada modelo de aerogenerador de la Zona 4 (Fuente: propia)

### Análisis económico

La rentabilidad de cada uno de los modelos disponibles de aerogeneradores se estima a partir de los cuatro aspectos económicos indicados anteriormente. Se realiza una estimación de la inversión inicial de cada turbina eólica, los ingresos económicos que implicarían su funcionamiento junto con los gastos que se producirían durante su explotación todo ello atendiendo a su vida útil.

Previo al desarrollo de cada uno de los conceptos económicos es necesario atender a una serie de limitaciones que influirán notablemente sobre este análisis, correspondiéndose con los siguientes.

- Vida útil de cada modelo de aerogenerador disponible de 25 años.
- Inversión inicial varía en función de los megavatios de potencia de cada modelo de aerogenerador. El Plan de Energías Renovables (PER) indica que un aerogenerador de 2MW de potencia nominal con 100 metros de altura de buje supone 980.000 €/MW. Por cada megavatio adicional dicha inversión aumenta en un 6% y por cada metro más de altura dicho incremento supone el 0,5%.  
*“Las instalaciones en tierra suponen una inversión inicial de entre 1 y 1,3 M€/MW para instalaciones de 50MW. El rango depende principalmente de cuatro factores: altura de la torre, potencia, configuración multiplicador/generador y distancia al punto de evacuación a la red” (PER,2011).*
- Ingresos que proporciona un aerogenerador en función de la producción anual en base a un precio de la electricidad.
- Gastos de explotación correspondientes al cinco por ciento de los ingresos de un año.

- Tasa de descuento correspondiente al diez por ciento al no disponer de datos públicos de los rendimientos de los aerogeneradores estudiados.

Los ingresos serán obtenidos a partir de un precio de la electricidad el cual requiere especial atención por la situación económica eléctrica en la que se encuentra España en estos momentos.

A partir de los datos proporcionados por el Operador del Mercado Ibérico de Energía (OMIE) puede apreciarse como a lo largo de los últimos años el precio de la energía ha fluctuado considerablemente.

A partir del Gráfico 31 pueden identificarse dos tendencias completamente diferentes. Una de ellas se encuentra estable hasta el año 2020 y a partir de entonces se produce un aumento del precio de la energía que no induce a su detención ni tampoco a su bajada. Destaca el desorbitado precio medio provisional del año 2022 correspondiente a 185,79 €/MWh por ser más del triple del máximo precio de los años anteriores.

El aumento del precio de la energía de los últimos tres años, representado en el Gráfico 32, permite identificar un aumento repentino del mismo partir del mes de febrero de 2021 y con valores muy distintos entre sí.

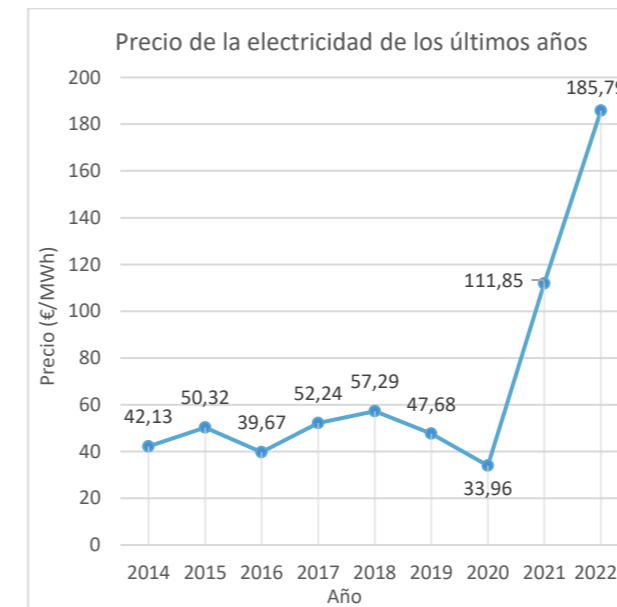


Gráfico 31. Precio de la electricidad de los últimos nueve años (Fuente: OMIE)

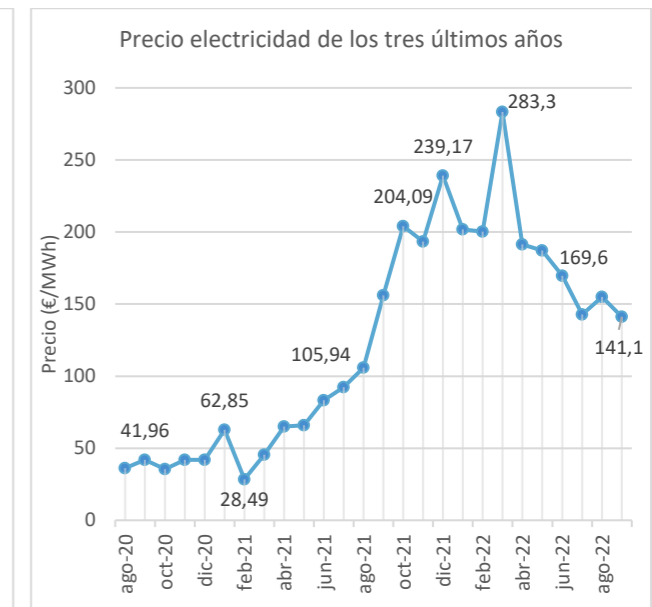


Gráfico 32. Evolución precio electricidad de los últimos tres años (Fuente: OMIE)

La situación actual de los precios de la electricidad es singular y no sería correcto tomar un único valor como criterio de decisión para realizar el análisis económico de cada emplazamiento posible donde ubicar el parque eólico. Como se ha indicado los precios actuales se encuentran muy por encima de los precedentes y de cualquier previsión que pudiera realizarse años anteriores, por este motivo, la amortización de la ejecución de un modelo de aerogenerador u otro se obtiene tanto para los precios actuales como para los anteriores.

El análisis económico se estimará entonces para dos precios representativos de la electricidad y obtener así un rango de rentabilidad. El primero de ellos se corresponde con un precio de 46,18€/MWh obtenido a partir de la media de precios de la primera tendencia analizada y; procediendo de la misma manera, se obtiene el segundo precio a emplear correspondiente a 148,82€/MWh de los datos de los dos últimos datos.

Una vez atendidas las limitaciones para este análisis es posible desarrollar cada uno de los conceptos económicos con el objetivo de poder elaborarlo correctamente. Resaltar que, para este análisis se considera una inversión tipo simple donde el flujo de caja es constante lo cual simplifica la interpretación del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), además de facilitar la elaboración del PayBack.

· Flujo de caja

Se corresponde con la diferencia monetaria entre los ingresos que se producen y los gastos derivados que se generan en la explotación, por lo tanto, permite representar la información de la capacidad empresarial para poder comenzar a obtener beneficio atendiendo a la vida útil y a la inversión inicial.

· Valor Actual Neto (VAN)

Indicador que valora la inversión junto con la actualización de los beneficios y déficits a lo largo de la vida útil, por lo tanto, permite determinar la viabilidad de diferentes opciones de un mismo proyecto.

Este indicador económico se obtiene a partir de la siguiente expresión para lo que es necesario atender el flujo neto de caja.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+r)^t} - I$$

Siendo:

- $V_t$ : flujo de caja de cada periodo
- $r$ : tipo de descuento
- $t$ : número del año en el que se encuentra hasta llegar a la vida útil
- $I$ : inversión

· Tasa Interna de Retorno (TIR)

Representa el beneficio o pérdida que tendría una inversión, es decir, la tasa de rentabilidad. Guarda relación analítica con el Valor Actual Neto (VAN) al representar el porcentaje de la tasa de descuento que permite obtener un valor del mismo igual a cero.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+r)^t} - I = 0$$

Se obtendrá una mayor rentabilidad a mayor valor de la Tasa Interna de Retorno (TIR), sin embargo, en caso de obtener un valor negativo dicha inversión deberá ser rechazada. Un valor igual a cero supondrá el empleo de otro criterio al resultar indiferente.

· PayBack

Determina el tiempo o ejercicios necesarios para comenzar a obtener beneficios tras la inversión realizada en un principio. En este caso, se considera un flujo de caja constante lo cual implica la siguiente expresión simplificada de este concepto económico correspondiéndose con:

$$Payback = \frac{I}{V_t}$$

Siendo:

- $I$ : inversión a lo largo de los años
- $V_t$ : flujo de caja anual acumulado

Desarrollados los cuatro conceptos económicos que conforman el análisis económico se puede realizar una primera estimación del coste que supondría la ejecución de cada uno de los modelos de aerogeneradores posibles, asimismo se obtendría la rentabilidad que se supondría cada uno de ellos atendiendo a su producción energética.

Puesto que los modelos de aerogeneradores posibles presentan características técnicas distintas no es adecuado atender a un único número de aerogenerador para este análisis, ya que para máquinas más pequeñas será necesario disponer de un mayor número de estas para alcanzar la misma potencia que con un número menor de máquinas más grandes. Por este motivo, el análisis económico se llevará a cabo atendiendo a el número de aerogeneradores necesarios para disponer una potencia mínima de 30 MW.

Pueden establecerse los siguientes datos de partida para proceder con el análisis económico, indicados a continuación en la *Tabla 22* y *Tabla 23*.

		Modelo aerogenerador	Potencia nominal (MW)	Nº aeros	Producción anual (MWh)	Inversión (€)
	2MW-116	80	2	15	91.152	26.460.000
		90			93.777	27.930.000
		94			94.725	28.518.000
	2MW-127	89			101.480	27.783.000
		114			106.723	31.458.000
	SG2.2-122	108	2,2	14	100.505	31.753.568
		127			103.875	34.621.048
	V126-3,45	87	3,45	9	80.791	31.098.438
		117			87.211	37.184.238
	V126-3,5	132			96.841	38.587.500
	V150-4,2	133			92.869	37.369.164

Tabla 22. Datos de partida por aerogenerador posible a disponer en la Zona 4 para ambos precios de la electricidad (1/2) (Fuente: propia)

		Modelo aerogenerador	Ingresos		Gastos de explotación	
			46,18 €/MWh	148,82 €/MWh	46,18 €/MWh	148,82 €/MWh
	2MW-116	80	4.209.803,15	13.565.282,99	210.490,16	678.264,15
		90	4.331.026,02	13.955.900,40	216.551,30	697.795,02
		94	4.374.800,90	14.096.956,56	218.740,04	704.847,83
	2MW-127	89	4.686.765,21	15.102.201,70	234.338,26	755.110,08
		114	4.928.902,83	15.882.443,75	246.445,14	794.122,19
	SG2.2-122	108	4.641.763,22	14.957.191,43	232.088,16	747.859,57
		127	4.797.396,77	15.458.690,68	239.869,84	772.934,53
	V126-3,45	87	3.731.266,16	12.023.289,35	186.563,31	601.164,47
		117	4.027.792,28	12.978.787,88	201.389,61	648.939,39
	V126-3,5	132	4.472.520,22	14.411.838,33	223.626,01	720.591,92
	V150-4,2	133	4.289.069,81	13.820.704,59	214.453,49	691.035,23

Tabla 23. Datos de partida por aerogenerador posible a disponer en la Zona 4 para ambos precios de la electricidad (2/2) (Fuente: propia)

En primer lugar, de cada uno de los modelos de aerogeneradores disponibles se obtiene el flujo de caja a partir de lo indicado anteriormente.

Únicamente, se detalla en su totalidad el obtenido para el modelo 2MW-116 con altura de buje igual a 80 metros obteniéndose una amortización de doce años y una rentabilidad de 9.841.924,12€ transcurridos los años de vida útil al emplear el menor de los valores del precio de la electricidad, como puede identificarse en la [Tabla 25](#).

Sin embargo, tras emplear el otro precio se estima una amortización de dos años y una rentabilidad que asciende a 90.515.985,75€ los cuales se corresponden con valores muy dispares a los obtenidos con el menor precio y se recogen en la [Tabla 26](#).

Para cada uno de los modelos disponibles se indica el flujo de caja neto acumulado atendiendo a ambos precios de la electricidad en la [Tabla 27](#), aunque puede consultarse la representación completa del flujo de caja de cada uno de ellos en el [Apéndice 4](#).

El Valor Actual Neto (VAN) se obtiene para cada tasa de descuento y a partir de los valores obtenidos puede determinarse la Tasa Interna de Retorno (TIR) de cada uno de los modelos de aerogeneradores analizados, encontrándose detallados dichos valores en la [Tabla 28](#).

Atendiendo a los valores obtenidos con el menor precio de la electricidad el aerogenerador 2MW-127 con 89 metros de altura de buje perteneciente a la casa comercial Vestas permitiría la mayor rentabilidad al estimar con una tasa de descuento del 15% un VAN de 998.151,58 euros correspondiéndose con una TIR del 15,61%.

Puede observarse como con el mayor precio de la electricidad no se puede determinar qué modelo de aerogenerador permitirá una mayor rentabilidad a partir de los valores obtenidos del VAN para las tasas de descuento aplicadas, sin embargo, mediante la relación entre los gastos de explotación junto con la inversión puede determinarse la TIR para cada uno de ellos. De nuevo, el modelo 2MW-127 con una altura de buje igual a 89 metros permitirá la mayor rentabilidad anual correspondiente al 54,36%.

Por último, los valores obtenidos del flujo de caja neto acumulado con una tasa de descuento del 10%, indicados en la [Tabla 27](#) para cada uno de los modelos posibles, permiten identificar el plazo de recuperación de dicha inversión durante la vida útil de los aerogeneradores correspondiéndose con el [PayBack](#), el último concepto económico de este análisis.

Tras evaluar el plazo de recuperación para cada precio de la electricidad establecidos puede identificarse de nuevo el mismo modelo de aerogenerador perteneciente a la casa comercial GE Renewable Energy como aquel más favorable al presentar un plazo de recuperación prácticamente entre 10,27 y 2,27 años, como puede identificarse en la siguiente [Tabla 24](#).

Atendidos los conceptos que conforman este análisis económico puede identificarse como de la casa comercial GE Renewable Energy el modelo 2MW-127 con una altura de buje de 89 metros permitirá obtener la mayor rentabilidad.

			Años	
			46,18 €/MWh	148,82 €/MWh
	2MW-116	80	11,38	2,42
		90	11,92	2,49
		94	12,17	2,52
	2MW-127	89	10,27	2,27
		114	11,70	2,47
	SG2.2-122	108	13,37	2,66
		127	14,96	2,83
	V126-3,45	87	22,01	3,35
		117	+ 25	3,77
	V136-3,5	132	+ 25	3,49
	V150-4,2	133	+ 25	3,53

Tabla 24. PayBack para ambos precios de la electricidad durante la vida útil de cada modelo de aerogenerador, Zona 4 (Fuente: propia)

La elección del modelo de aerogenerador a disponer en este emplazamiento atenderá a lo concluido en cada uno de los análisis realizados.

En un primer lugar, tras realizar el [Análisis técnico](#) dos modelos de aerogeneradores (V150-4,2 con una altura de 133 metros y 2MW-127 con una altura de 114 metros) fueron identificados como los más indicados a disponer en este emplazamiento tras atender las dos relaciones obtenidas de la potencia instalada respecto a la producción anual y factor de uso.

Sin embargo, tras el [Análisis económico](#) puede identificarse el modelo **2MW-127** con **89 metros** de altura como aquel que permitirá obtener la mayor rentabilidad, sin coincidir con los preseleccionados con anterioridad en el análisis técnico. Atendiendo de nuevo a las relaciones obtenidas en dicho análisis puede verificarse como dicho modelo obtiene unos valores muy próximos a los obtenidos a los del modelo preseleccionado de esta misma casa comercial, por lo tanto, queda justificado que dicho modelo sea empleado para realizar el diseño del parque eólico en la Zona 4 tras atender estos dos criterios.

2MW-116.80						
Año	Inversión (€)	Gastos de explotación (€)	Ingresos (€)	Flujo de caja neto sin tasa de descuento (€)	Flujo de caja neto con 10% tasa de descuento (€)	Flujo de caja neto acumulado con 10% tasa de descuento (€)
1	-26.460.000	-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	3.635.739,09	-22.824.260,91
2		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	3.305.217,35	-19.519.043,56
3		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	3.004.743,05	-16.514.300,51
4		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	2.731.584,59	-13.782.715,92
5		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	2.483.258,72	-11.299.457,20
6		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	2.257.507,93	-9.041.949,28
7		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	2.052.279,93	-6.989.669,35
8		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	1.865.709,03	-5.123.960,32
9		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	1.696.099,12	-3.427.861,20
10		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	1.541.908,29	-1.885.952,91
11		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	1.401.734,81	-484.218,10
12		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	1.274.304,37	790.086,27
13		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	1.158.458,52	1.948.544,78
14		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	1.053.144,11	3.001.688,89
15		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	957.403,73	3.959.092,63
16		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	870.367,03	4.829.459,66
17		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	791.242,76	5.620.702,41
18		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	719.311,60	6.340.014,01
19		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	653.919,63	6.993.933,64
20		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	594.472,39	7.588.406,04
21		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	540.429,45	8.128.835,49
22		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	491.299,50	8.620.134,98
23		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	446.635,91	9.066.770,89
24		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	406.032,64	9.472.803,54
25		-210.490,16	4.209.803,15	3.999.313,00	369.120,59	9.841.924,12

Tabla 25. Flujo de caja para el menor precio de la electricidad del modelo 2MW-116.80, Zona 4 (Fuente: propia)

2MW-116.80						
Año	Inversión (€)	Gastos de explotación (€)	Ingresos (€)	Flujo de caja neto sin tasa de descuento (€)	Flujo de caja neto con 10% tasa de descuento (€)	Flujo de caja neto acumulado con 10% tasa de descuento (€)
1	-26.460.000	-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	11.715.471,68	-14.744.528,32
2		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	10.650.428,80	-4.094.099,53
3		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	9.682.208,00	5.588.108,47
4		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	8.802.007,27	14.390.115,74
5		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	8.001.824,79	22.391.940,53
6		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	7.274.386,17	29.666.326,70
7		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	6.613.078,34	36.279.405,04
8		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	6.011.889,40	42.291.294,44
9		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	5.465.354,00	47.756.648,44
10		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	4.968.503,64	52.725.152,07
11		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	4.516.821,49	57.241.973,56
12		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	4.106.201,35	61.348.174,91
13		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	3.732.910,32	65.081.085,23
14		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	3.393.554,84	68.474.640,07
15		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	3.085.049,85	71.559.689,92
16		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	2.804.590,77	74.364.280,69
17		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	2.549.627,98	76.913.908,67
18		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	2.317.843,61	79.231.752,28
19		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	2.107.130,56	81.338.882,84
20		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	1.915.573,24	83.254.456,08
21		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	1.741.430,21	84.995.886,29
22		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	1.583.118,38	86.579.004,67
23		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	1.439.198,52	88.018.203,19
24		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	1.308.362,29	89.326.565,48
25		-678.264,15	13.565.282,99	12.887.018,84	1.189.420,27	90.515.985,75

Tabla 26. Flujo de caja para el mayor precio de la electricidad del modelo 2MW-116.80, Zona 4 (Fuente: propia)

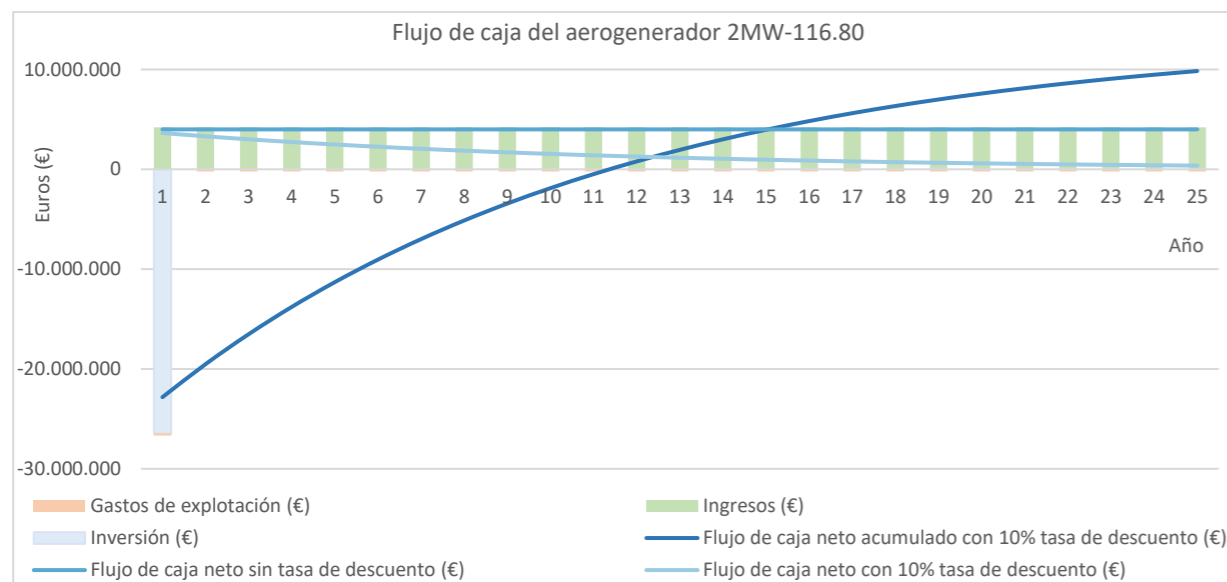


Gráfico 33. Flujo de caja para el menor precio de la electricidad del modelo 2MW-116.80, Zona 4 (Fuente: propia)

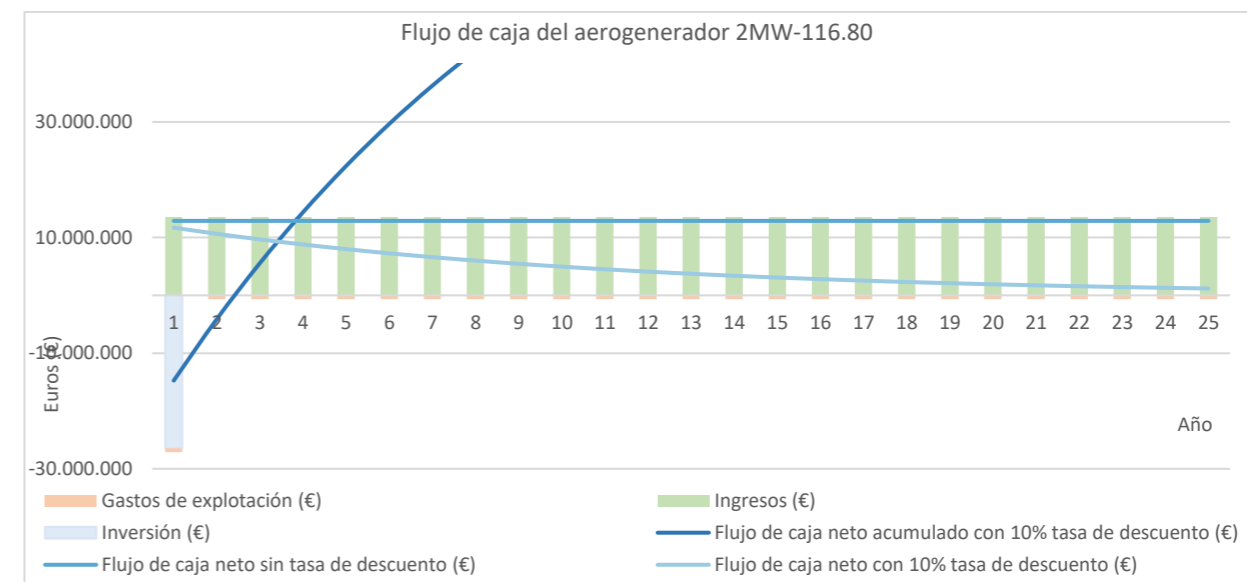


Gráfico 34. Flujo de caja para el mayor precio de la electricidad del modelo 2MW-116.80, Zona 4 (Fuente: propia)

Año	GE Renewable Energy					SIEMENS Gamesa		Vestas				
	2MW-116			2MW-127		SG2.2-122		V126-3,45		V136-3,5	V150-4,2	
	80	90	94	89	114	108	127	87	117	132	133	
1	-22.824.260,91	-24.189.568	-24.739.763	-23.735.339	-27.201.220	-27.744.772	-30.477.842	-27.875.981	-33.705.690	-34.724.869	-33.664.967	
2	-19.519.043,56	-20.789.176,12	-21.305.001,82	-20.055.647,45	-23.331.420,53	-24.100.412,94	-26.711.290,52	-24.946.474,37	-30.543.373,86	-31.213.386,08	-30.297.515,84	
3	-16.514.300,51	-17.697.910,36	-18.182.491,79	-16.710.473,18	-19.813.420,76	-20.787.358,80	-23.287.153,08	-22.283.286,65	-27.668.540,90	-28.021.128,98	-27.236.196,29	
4	-13.782.715,92	-14.887.668,77	-15.343.846,31	-13.669.405,67	-16.615.239,16	-17.775.491,40	-20.174.300,86	-19.862.206,90	-25.055.056,40	-25.119.077,06	-24.453.178,51	
5	-11.299.457,20	-12.332.903,69	-12.763.259,50	-10.904.798,84	-13.707.801,33	-15.037.430,12	-17.344.435,21	-17.661.225,31	-22.679.161,39	-22.480.848,05	-21.923.162,36	
6	-9.041.949,28	-10.010.389,98	-10.417.271,50	-8.391.519,90	-11.064.676,03	-12.548.283,51	-14.771.830,07	-15.660.332,96	-20.519.256,83	-20.082.458,03	-19.623.147,67	
7	-6.989.669,35	-7.899.013,88	-8.284.555,13	-6.106.720,87	-8.661.834,86	-10.285.422,96	-12.433.098,12	-13.841.339,91	-18.555.707,24	-17.902.103,48	-17.532.225,22	
8	-5.123.960,32	-5.979.581,06	-6.345.722,07	-4.029.630,84	-6.477.433,78	-8.228.277,00	-10.306.978,17	-12.187.709,87	-16.770.662,16	-15.919.962,97	-15.631.386,64	
9	-3.427.861,20	-4.234.642,13	-4.583.146,56	-2.141.367,17	-4.491.614,63	-6.358.144,31	-8.374.141,86	-10.684.409,83	-15.147.893,90	-14.118.017,06	-13.903.351,56	
10	-1.885.952,91	-2.648.334,01	-2.980.805,19	-424.763,84	-2.686.324,49	-4.658.023,68	-6.617.017,93	-9.317.773,43	-13.672.650,03	-12.479.884,41	-12.332.410,58	
11	-484.218,10	-1.206.235,73	-1.524.131,22	1.135.784,64	-1.045.151,63	-3.112.459,47	-5.019.632,55	-8.075.376,71	-12.331.519,23	-10.990.672,91	-10.904.282,42	
12	790.086,27	104.762,72	-199.882,15	2.554.465,08	446.823,69	-1.707.401,10	-3.567.464,01	-6.945.925,14	-11.112.309,42	-9.636.844,27	-9.605.984,09	
13	1.948.544,78	1.296.579,48	1.003.980,64	3.844.174,57	1.803.164,90	-430.075,31	-2.247.310,80	-5.919.150,98	-10.003.936,87	-8.406.090,97	-8.425.712,88	
14	3.001.688,89	2.380.049,27	2.098.401,36	5.016.637,74	3.036.202,35	731.129,95	-1.047.171,52	-4.985.719,93	-8.996.325,45	-7.287.224,32	-7.352.739,05	
15	3.959.092,63	3.365.021,80	3.093.329,28	6.082.513,35	4.157.145,50	1.786.771,10	43.864,19	-4.137.146,25	-8.080.315,08	-6.270.072,83	-6.377.308,30	
16	4.829.459,66	4.260.451,38	3.997.809,21	7.051.491,18	5.176.184,72	2.746.444,88	1.035.714,84	-3.365.715,63	-7.247.578,37	-5.345.389,66	-5.490.553,07	
17	5.620.702,41	5.074.478,27	4.820.063,70	7.932.380,12	6.102.584,01	3.618.875,58	1.937.397,25	-2.664.415,07	-6.490.545,00	-4.504.768,59	-4.684.411,95	
18	6.340.014,01	5.814.502,71	5.567.567,77	8.733.188,24	6.944.765,18	4.411.994,40	2.757.108,53	-2.026.869,10	-5.802.332,85	-3.740.567,62	-3.951.556,39	
19	6.993.933,64	6.487.252,21	6.247.116,93	9.461.195,63	7.710.384,43	5.133.011,51	3.502.300,60	-1.447.281,86	-5.176.685,43	-3.045.839,46	-3.285.324,06	
20	7.588.406,04	7.098.842,65	6.864.888,90	10.123.020,52	8.406.401,93	5.788.481,61	4.179.747,94	-920.384,37	-4.607.915,06	-2.414.268,41	-2.679.658,31	
21	8.128.835,49	7.654.833,97	7.426.499,77	10.724.679,52	9.039.145,11	6.384.363,52	4.795.609,15	-441.386,65	-4.090.851,08	-1.840.112,91	-2.129.053,08	
22	8.620.134,98	8.160.280,62	7.937.055,11	11.271.642,24	9.614.366,19	6.926.074,34	5.355.482,99	-5.934,17	-3.620.792,92	-1.318.153,37	-1.628.502,87	
23	9.066.770,89	8.619.777,58	8.401.196,33	11.768.881,08	10.137.294,44	7.418.538,73	5.864.459,20	389.931,71	-3.193.467,32	-843.644,69	-1.173.457,23	
24	9.472.803,54	9.037.502,09	8.823.142,90	12.220.916,39	10.612.683,76	7.866.233,63	6.327.164,85	749.809,79	-2.804.989,50	-412.273,16	-759.779,37	
25	9.841.924,12	9.417.251,64	9.206.730,68	12.631.857,58	11.044.855,86	8.273.228,99	6.747.806,34	1.076.971,68	-2.451.827,85	-20.117,23	-383.708,59	
1	-14.744.528,32	-15.877.177	-16.343.356	-14.740.189	-17.741.344	-18.835.994	-21.270.361	-20.714.688	-25.975.285	-26.140.912	-25.433.101	
2	-4.094.099,53	-4.920.065,04	-5.275.497,24	-2.883.088,94	-5.271.656,80	-7.092.744,11	-9.133.372,04	-11.274.915,48	-15.785.327,41	-14.825.832,67	-14.582.134,53	
3	5.588.108,47	5.040.945,77	4.786.192,27	7.896.093,34	6.064.422,51	3.582.937,23	1.900.253,92	-2.693.304,00	-6.521.729,75	-4.539.396,59	-4.717.619,61	
4	14.390.115,74	14.096.410,13	13.933.182,74	17.695.349,96	16.369.949,15	13.288.102,08	11.930.822,97	5.108.160,99	1.899.722,67	4.811.908,93	4.250.121,22	
5	22.391.940,53	22.328.650,47	22.248.628,61	26.603.765,07	25.738.609,74	22.110.979,22	21.049.522,11	12.200.401,88	9.555.588,50	13.313.095,77	12.402.612,89	
6	29.666.326,70	29.812.505,32	29.808.124,86	34.702.324,26	34.255.573,91	30.131.776,62	29.339.248,60	18.647.893,60	16.515.466,53	21.041.447,44	19.813.968,96	
7	36.279.405,04	36.616.009,73	36.680.394,18	42.064.650,79	41.998.268,61	37.423.410,61	36.875.363,59	24.509.249,71	22.842.628,38	28.067.221,68	26.551.565,38	
8	42.291.294,44	42.801.013,74	42.927.911,74	48.757.674,91	49.037.081,97	44.052.168,80	43.726.377,22	29.837.755,27	28.594.593,70	34.454.289,18	32.676.653,03	
9	47.756.648,44	48.423.744,65	48.607.473,16	54.842.242,30	55.436.003,21	50.078.312,60	49.954.571,43	34.681.851,23	33.823.653,07	40.260.714,18	38.244.914,54	
10	52.725.152,07	53.535.318,21	53.770.710,82	60.373.667,19	61.253.204,33	55.556.625,14	55.616.566,16	39.085.574,83	38.577.343,42	45.539.282,36	43.306.970,45	
11	57.241.973,56	58.182.203,27	58.464.563,23	65.402.235,28	66.541.568,99	60.536.909,27	60.763.834,10	43.088.959,92	42.898.880,09	50.337.980,70	47.908.839,47	
12	61.348.174,91	62.406.644,23	62.731.701,79	69.973.660,81	71.349.173,23	65.064.440,30	65.443.168,59	46.728.400,91	46.827.549,80	54.700.433,74	52.092.356,75	
13	65.081.085,23	66.247.045,10	66.610.918,66	74.129.502,20	75.719.722,54	69.180.377,60	69.697.109,04	50.036.983,63	50.399.067,71	58.666.300,14	55.895.554,28	
14	68.474.640,07	69.738.318,62	70.137.479,45	77.907.539,83	79.692.949,18	72.922.138,79	73.564.327,63	53.044.786,10	53.645.902,18	62.271.633,23	59.353.006,58	
15	71.559.689,92	72.912.203,64	73.343.443,80	81.342.119,50	83.304.973,40	76.323.739,86	77.079.980,89	55.779.151,98	56.597.569,87	65.549.208,77	62.496.145,04	
16	74.364.280,69	75.797.553,66	76.257.956,85	84.464.464,65	86.588.631,78	79.416.104,47	80.276.029,31	58.264.939,15	59.280.904,14	68.528.822,90	65.353.543,63	
17	76.913.908,67	78.420.599,13	78.907.514,17	87.302.960,24	89.573.775,76	82.227.345,03	83.181.527,87	60.524.745,67	61.720.298,93	71.237.563,01	67.951.178,72	
18	79.231.752,28	80.805.185,92	81.316.202,64	89.883.410,77	92.287.543,02	84.783.018,26	85.822.890,20	62.579.115,23	63.937.930,56	73.700.054,02	70.312.665,16	
19	81.338.882,84	82.972.992,09	83.505.919,44	92.229.274,90	94.754.604,16	87.106.357,57	88.224.128,68	64.446.723,92	65.953.959,32	75.938.682,22	72.459.471,02	
20	83.254.456,08	84.943.724,97	85.496.571,07	94.361.878,64	96.997.387,02	89.218.484,21	90.407.072,76	66.144.550,00	67.786.712,73	77.973.798,76	74.411.112,71	
21	84.995.886,29	86.735.300,32	87.306.254,37	96.300.609,33	99.036.280,53	91.138.599,33	92.391.567,37	67.688.028,26	69.452.852,19	79.823.904,70	76.185.332,42	
22	86.579.004,67	88.364.005,19	88.951.421,00	98.063.091,76	100.889.820,08	92.884.158,54	94.195.653,38	69.091.190,31	70.967.524,43	81.505.819,20	77.798.259,44	
23	88.018.203,19	89.844.645,97	90.447.027,03	99.665.348,52	102.574.856,03	94.471.030,55	95.835.731,58	70.366.792,17	72.344.499,20	83.034.832,37	79.264.556,73	
24	89.326.565,48	91.190.683,05	91.806.668,88	101.121.945,58	104.106.706,90	95.913.641,46	97.326.711,75	71.526.430,23	73.596.294,44	84.424.844,35	80.597.554,26	
25	90.515.985,75	92.414.353,12	93.042.706,92	102.446.124,72	105.499.298,60	97.225.105,93	98.682.148,27	72.580.646,65	74.734.290,11	85.688.491,61	81.809.370,20	

Tabla 27. Flujo de caja neto acumulado con tasa de descuento para ambos precios de la electricidad (superior con 46,18€/MWh e inferior con 148,82€/MWh) y para todos los modelos de aerogeneradores de la Zona 4 (Fuente: propia)

Año	GE Renewable Energy					SIEMENS Gamesa		Vestas				
	2MW-116			2MW-127		SG2.2-122		V126-3,45		V136-3,5	V150-4,2	
	80	90	94	89	114	108	127	87	117	132	133	
0	73.522.824,93	74.931.867,86	75.383.521,33	83.527.673,67	85.603.442,32	78.488.308,50	79.317.125,29	57.519.133,40	58.475.828,73	67.634.855,23	64.496.244,05	
1	61.617.492,83	62.683.717,26	63.011.575,27	70.273.491,90	71.664.494,83	65.361.392,44	65.750.077,23	46.967.104,91	47.085.223,76	54.986.558,72	52.366.745,68	
2	51.620.413,22	52.398.768,00	52.622.673,17	59.143.763,70	59.959.758,96	54.338.531,10	54.357.630,68	38.106.413,92	37.520.367,96	44.365.601,15	42.181.430,41	
3	43.180.627,88	43.715.955,87	43.852.101,45	49.747.768,01	50.078.327,36	45.032.755,09	44.739.841,57	30.625.996,35	29.445.476,80	35.399.122,39	33.582.731,80	
4	36.017.587,36	36.346.652,91	36.408.314,90	41.773.169,71	41.691.728,41	37.134.728,31	36.577.002,07	24.277.193,39	22.592.130,39	27.789.065,01	26.284.817,92	
5	29.906.095,68	30.059.178,54	30.057.291,28	34.969.258,57	34.536.299,16	30.396.147,85	29.612.483,93	18.860.407,55	16.744.869,11	21.296.179,45	20.058.252,57	
6	24.664.642,43	24.666.795,68	24.610.406,10	29.133.959,43	28.399.524,38	24.616.878,84	23.639.441,97	14.214.761,08	11.730.030,12	15.727.627,95	14.718.107,65	
7	20.146.326,67	20.018.373,32	19.915.000,85	24.103.727,77	23.109.410,20	19.634.947,10	18.490.471,19	10.210.051,57	7.407.063,78	10.927.342,08	10.114.716,23	
8	16.231.771,15	15.991.096,71	15.847.019,43	19.745.661,15	18.526.187,88	15.318.726,33	14.029.531,97	6.740.471,64	3.661.754,10	6.768.494,73	6.126.453,29	
9	12.823.570,28	12.484.755,41	12.305.238,57	15.951.318,12	14.535.813,43	11.560.816,31	10.145.623,09	3.719.687,98	400.906,82	3.147.601,60	2.654.079,18	
10	9.841.924,12	9.417.251,64	9.206.730,68	12.631.857,58	11.044.855,86	8.273.228,99	6.747.806,34	1.076.971,68	-2.451.827,85	-20.117,23	-383.708,59	
11	7.221.192,90	6.721.055,47	6.483.283,32	9.714.202,89	7.976.463,09	5.383.589,41	3.761.280,12	-1.245.855,64	-4.959.251,74	-2.804.397,86	-3.053.785,73	
12	4.907.168,19	4.340.397,56	4.078.563,43	7.138.003,93	5.267.167,07	2.832.126,94	1.124.269,73	-3.296.840,39	-7.173.229,57	-5.262.831,65	-5.411.381,36	
13	2.854.904,19	2.229.037,85	1.945.863,62	4.853.222,64	2.864.344,55	569.283,95	-1.214.444,05	-5.115.819,31	-9.136.763,91	-7.443.169,27	-7.502.287,57	
14	1.026.988,03	348.486,15	46.304,67	2.818.207,33	724.191,95	-1.446.191,29	-3.297.496,10	-6.735.952,48	-10.885.650,11	-9.385.158,41	-9.364.621,69	
15	-607.844,55	-1.333.422,04	-1.652.603,04	998.151,58	-1.189.895,39	-3.248.770,99	-5.160.514,45	-8.184.950,28	-12.449.800,69	-11.122.014,38	-11.030.236,63	
16	-2.075.820,83	-2.843.669,25	-3.178.114,74	-636.143,40	-2.908.624,79	-4.867.373,59	-6.833.387,13	-9.486.058,67	-13.854.309,00	-12.681.601,23	-12.525.853,53	
17	-3.399.026,99	-4.204.977,62	-4.553.182,23	-2.109.266,10	-4.457.855,09	-6.326.351,47	-8.341.283,04	-10.658.853,26	-15.120.306,33	-14.087.383,42	-13.873.974,43	
18	-4.596.132,39	-5.436.554,13	-5.797.206,62	-3.442.001,09	-5.859.444,66	-7.646.289,63	-9.705.477,37	-11.719.881,23	-16.265.654,88	-15.359.195,40	-15.093.620,21	
19	-5.682.977,25	-6.554.695,08	-6.926.648,94	-4.651.983,23	-7.131.939,47	-8.844.653,61	-10.944.021,26	-12.683.182,19	-17.305.509,98	-16.513.865,92	-16.200.929,33	
20	-6.673.050,93	-7.573.278,31	-7.955.527,27	-5.754.230,23	-8.291.133,10	-9.936.316,91	-12.072.286,91	-13.560.712,16	-18.252.777,82	-17.565.726,16	-17.209.645,17	
21	-7.577.882,65	-8.504.165,00	-8.895.822,69	-6.761.577,53	-9.350.524,11	-10.933.991,73	-13.103.412,74	-14.362.689,80	-19.118.489,13	-18.527.024,83	-18.131.514,03	
22	-8.407.361,55	-9.357.529,06	-9.757.811,94	-7.685.034,69	-10.321.690,88	-11.848.581,92	-14.048.668,20	-15.097.880,13	-19.912.105,51	-19.408.268,21	-18.976.611,25	
23	-9.169.999,88	-10.142.127,85	-10.550.340,88	-8.534.078,37	-11.214.599,67	-12.689.473,15	-14.917.753,65	-15.773.827,79	-20.641.771,17	-20.218.499,77	-19.753.609,35	
24	-9.873.149,99	-10.865.525,43	-11.281.050,04	-9.316.893,95	-12.037.858,72	-13.464.772,18	-15.719.047,66	-16.397.049,38	-21.314.520,58	-20.965.530,68	-20.469.999,11	
25	-10.523.183,92	-11.534.277,33	-11.956.561,20	-10.040.575,39	-12.798.928,53	-14.181.504,89	-16.459.811,67	-16.973.192,61	-21.936.450,29	-21.656.130,64	-21.132.272,57	
TIR	14,63 %	14,21 %	14,03 %	15,61 %	14,38 %	13,28 %	12,48 %	10,46 %	9,14 %	9,99 %	9,87 %	
0	295.715.471,07	303.522.634,55	306.284.718,40	330.894.290,34	345.750.038,99	323.479.728,50	332.522.855,76	254.454.684,05	271.061.974,11	303.693.660,37	290.872.569,98	
1	257.352.822,49	264.055.319,13	266.418.495,85	288.185.232,46	300.834.454,97	281.180.759,96	288.805.646,28	220.452.796,71	234.357.934,94	262.936.951,53	251.787.588,59	
2	225.139.151,45	230.914.043,35	232.942.252,00	252.321.818,64	263.118.189,23	245.661.704,09	252.095.672,98	191.900.919,97	203.537.022,21	228.712.953,45	218.967.364,25	
3	197.943.562,41	202.935.347,13	204.680.767,32	222.045.025,21	231.277.171,73	215.675.626,28	221.104.192,80	167.796.709,52	177.517.234,67	199.820.195,90	191.259.707,69	
4	174.862.038,60	179.189.182,18	180.694.593,29	196.348.412,14	204.252.965,62	190.225.750,27	194.801.008,61	147.338.910,03	155.433.640,72	175.298.246,02	167.743.580,36	
5	155.168.929,19	158.929.002,31	160.229.638,15	174.424.113,88	181.195.967,65	168.511.967,56	172.359.185,09	129.884.356,91	136.591.963,05	154.376.168,01	147.679.668,12	
6	138.279.351,69	141.553.083,08	142.678.095,68	155.620.981,93	161.421.388,33	149.889.381,94	153.112.203,32	114.914.652,45	120.432.606,55	136.432.579,17	130.472.075,66	
7	123.719.946,00	126.574.433,86	127.548.053,09	139.412.025,48	144.375.010,31	133.836.062,74	136.520.632,83	102.010.244,39	106.502.676,89	120.964.578,91	115.638.529,98	
8	111.106.041,88	113.597.307,64	114.439.763,45	125.368.991,93	129.606.455,71	119.927.869,40	122.146.112,06	90.830.188,71	94.434.135,01	107.563.491,22	102.787.117,84	
9	100.123.768,45	102.298.795,53	103.027.054,14	113.142.449,47	116.748.239,62	107.818.725,33	109.630.960,84	81.096.292,91	83.926.680,25	95.895.857,80	91.598.058,47	
10	90.515.985,75	92.414.353,12	93.042.706,92	102.446.124,72	105.499.298,60	97.225.105,93	98.682.148,27	72.580.646,65	74.734.290,11	85.688.491,61	81.809.370,20	
11	82.071.182,18	83.726.378,27	84.266.920,30	93.044.542,25	95.611.991,59	87.913.796,78	89.058.640,51	65.095.781,28	66.654.597,69	76.716.681,45	73.205.558,87	
12	74.614.681,52	76.055.164,87	76.518.171,82	84.743.235,38	86.881.804,96	79.692.198,47	80.561.380,45	58.486.876,41	59.520.478,89	68.794.850,25	65.608.659,28	
13	68.001.654,53	69.251.713,29	69.645.955,86	77.380.966,01	79.139.170,38	72.400.621,09	73.025.323,98	52.625.565,81	53.193.366,18	61.769.130,56	58.871.115,17	
14	62.111.545,39	63.191.996,25	63.524.991,58	70.823.519,60	72.242.939,23	65.906.138,81	66.313.088,38	47.404.997,49	47.557.915,95	55.511.443,14	52.870.100,78	
15	56.843.611,06	57.772.369,78	58.050.587,44	64.958.739,13	66.075.160,01	60.097.671,55	60.309.869,19	42.735.880,11	42.517.740,80	49.914.757,99	47.502.976,18	
16	52.113.339,13	52.905.887,89	53.134.918,67	59.692.537,10	60.536.884,26	54.882.035,22	54.919.357,93	38.543.307,92	37.991.982,21	44.889.288,61	42.683.637,65	
17	47.849.561,15	48.519.332,83	48.704.027,47	54.945.681,83	55.544.786,86	50.180.758,91	50.060.452,67	34.764.202,36	33.912.548,71	40.359.425,21	38.339.576,71	
18	43.992.118,66	44.550.813,83	44.695.397,55	50.651.199,03	51.028.433,35	45.927.511,43	45.664.598,17	31.345.243,30	30.221.882,77	36.261.255,08	34.409.502,19	
19	40.489.969,64	40.947.819,12	41.055.986,37	46.752.263,71	46.928.062,95	42.066.013,41	41.673.628,09	28.241.190,77	26.871.149,19	32.540.550,87	30.841.410,97	
20	37.299.647,15	37.665.630,10	37.740.623,35	43.200.484,24	43.192.783,90	38.548.337,87	38.038.008,51	25.413.518,81	23.818.760,32	29.151.133,05	27.591.017,70	
21	34.384.000,53	34.666.026,34	34.710.701,77	39.954.500,85	39.779.099,61	35.333.522,18	34.715.403,35	22.829.299,74	21.029.171,70	26.053.532,52	24.620.472,18	
22	31.711.163,90	31.916.224,37	31.933.106,79	36.978.837,31	36.649.701,02	32.386.430,75	31.669.498,98	20.460.289,95	18.471.895,18	23.213.894,79	21.897.308,53	
23	29.253.708,20	29.388.005,31	29.379.334,31	34.242.956,92	33.772.473,76	29.676.820,10	28.869.037,86	18.282.178,29	16.120.687,60	20.603.079,05	19.393.581,23	
24	26.987.941,87	27.056.995,40	27.024.764,24	31.720.483,93	31.119.679,41	27.178.567,71	26.287.021,64	16.273.966,29	13.952.881,70	18.195.915,27	17.085.152,65	
25	24.893.332,25	24.902.070,70	24.848.059,12	29.388.559,34	28.667.277,97	24.869.034,09	23.900.051,73	14.417.455,26	11.948.832,54	15.970.589,39	14.951.103,48	
TIR	51,27 %	49,97 %	49,43 %	54,36 %	50,49 %	47,10 %	44,65 %	38,66 %	34,90 %	37,35 %	36,98 %	

Tabla 28. Valor Actual Neto (VAN) según tasa de descuento y Tasa Interna de Retorno (TIR) para ambos precios de la electricidad, Zona 4

### 9.3.2. Zona 5 – Vilafamés y La Pobla Tornesa

#### · Análisis técnico

En el apartado anterior **9.2. Aerogeneradores comerciales disponibles** se estableció que sobre esta zona se podrían disponer los mismos modelos de aerogeneradores identificados para la anterior **Zona 4 – Coves de Vinromà** como se recoge en la **Tabla 17. Características técnicas de los aerogeneradores disponibles**, por lo tanto, las curvas de producción obtenidas se corresponden con las mismas.

Este emplazamiento se caracteriza por ubicarse a una elevación de 618 metros y presentar una temperatura media anual de 17,5°C identificada a partir de la **Figura 81. Mapa de temperatura media anual de España**. Del mismo modo, como se ha desarrollado en el **apartado 8.2** la rugosidad superficial de la zona se corresponde con 0,05 metros atendiendo a las características físicas que definen a este posible emplazamiento óptimo.

Del mismo modo, las características eólicas a una altura de 100 metros se corresponden con una velocidad media del viento de 5,5225 m/s junto con un factor de escala igual a 4,99 y un factor de forma de 1,42 como se detalló en el **Criterio energético** de esta **Zona 5**.

Para determinar los factores que componen este análisis técnico a la altura adecuada es necesario aplicar las relaciones desarrolladas en el **apartado 9.3.1** lo que implica que se obtengan los valores indicados en la siguiente **Tabla 29** y **Tabla 30** para este caso.

	GE Renewable Energy					SIEMENS Gamesa	
	2MW-116			2MW-127		SG2.2-122	
Altura del buje (m)	80	90	94	89	114	108	127
Factor de escala corregido (A')	4,84351	4,92083	4,94938	4,91350	5,07602	5,04052	5,14691
Velocidad del viento a la altura de buje (m/s)	5,36037	5,44595	5,47754	5,43783	5,61770	5,57842	5,69616
Densidad del aire a la altura del buje (kg/m³)	1,11903	1,11769	1,11716	1,11783	1,11449	1,11529	1,11276
Factor de corrección	0,91349	0,91240	0,91197	0,91251	0,90979	0,91044	0,90838

Tabla 29. Valores corregidos atendiendo a las alturas de los aerogeneradores y características de la Zona 5 (1/2) (Fuente: propia)

	Vestas			
	V126-3,45		V136-3,5	V150-4,2
Altura del buje (m)	87	117	132	146
Producción anual (MWh)	4,89857	5,09307	5,17227	5,23844
Factor de uso (%)	5,42132	5,63657	5,72422	5,79746
Horas de funcionamiento	1,11810	1,11410	1,11210	1,11024
Energía aprovechada (%)	0,91273	0,90947	0,90784	0,90632

Tabla 30. Valores corregidos atendiendo a las alturas de los aerogeneradores y características de la Zona 5 (2/2) (Fuente: propia)

	GE Renewable Energy					SIEMENS Gamesa	
	2MW-116			2MW-127		SG2.2-122	
Altura del buje (m)	80	90	94	89	114	108	127
Producción anual (MWh)	4.717	4.826	4.866	5.342	5.570	5.506	5.663
Factor de uso (%)	29,47	30,19	30,45	33,41	34,94	31,38	32,35
Horas de funcionamiento	2.582	2.645	2.668	2.927	3.061	2.749	2.834
Energía aprovechada (%)	51,22	50,18	49,79	46,52	44,38	48,47	47,09

Tabla 31. Factores determinantes del análisis técnico de los aerogeneradores posibles a disponer en el emplazamiento de la Zona 5 (1/2) (Fuente: propia)

	Vestas			
	V126-3,45		V136-3,5	V150-4,2
Altura del buje (m)	87	117	132	146
Producción anual (MWh)	6.610	7.040	7.941	9.785
Factor de uso (%)	23,96	25,61	28,53	29,34
Horas de funcionamiento	2.099	2.244	2.499	2.570
Energía aprovechada (%)	58,97	56,48	52,44	51,33

Tabla 32. Factores determinantes del análisis técnico de los aerogeneradores posibles a disponer en el emplazamiento de la Zona 5 (1/2) (Fuente: propia)

Estos valores permiten determinar la producción anual, el factor de corrección, las horas equivalentes y la energía aprovechada de cada uno de los modelos de aerogeneradores a disponer en este emplazamiento, recogidos tanto en la **Tabla 31** como en la **Tabla 32**.



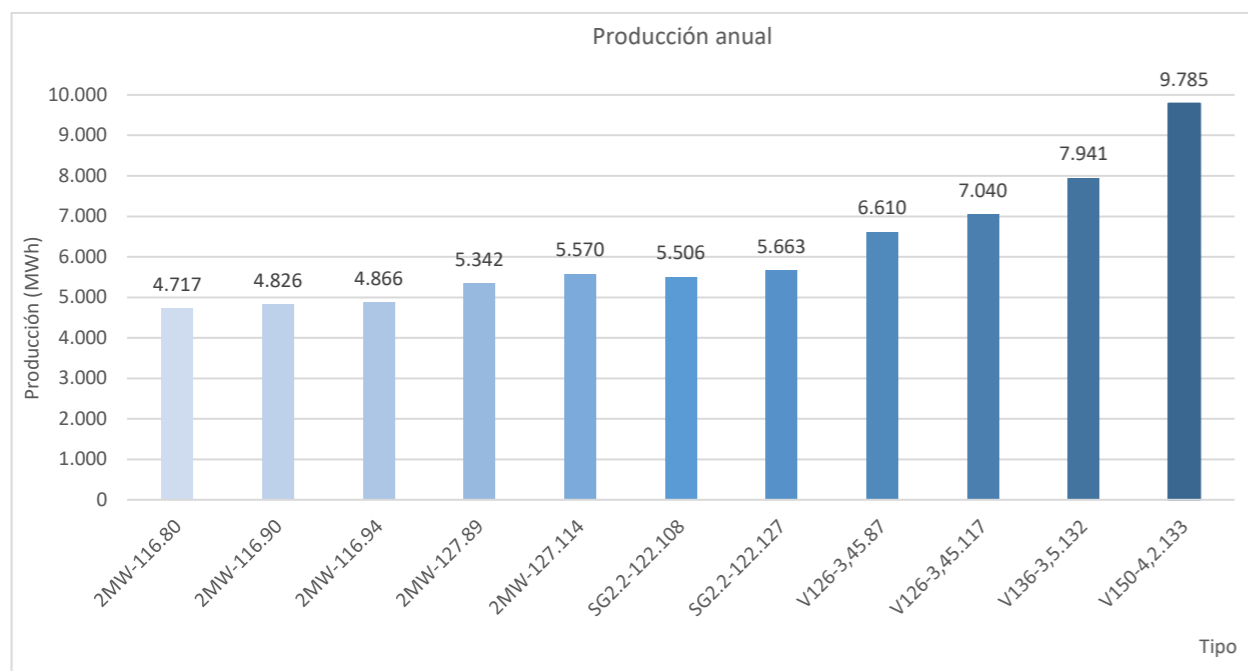


Gráfico 35. Producción anual de los aerogeneradores posibles a disponer en el emplazamiento de la Zona 5 (Fuente: propia)

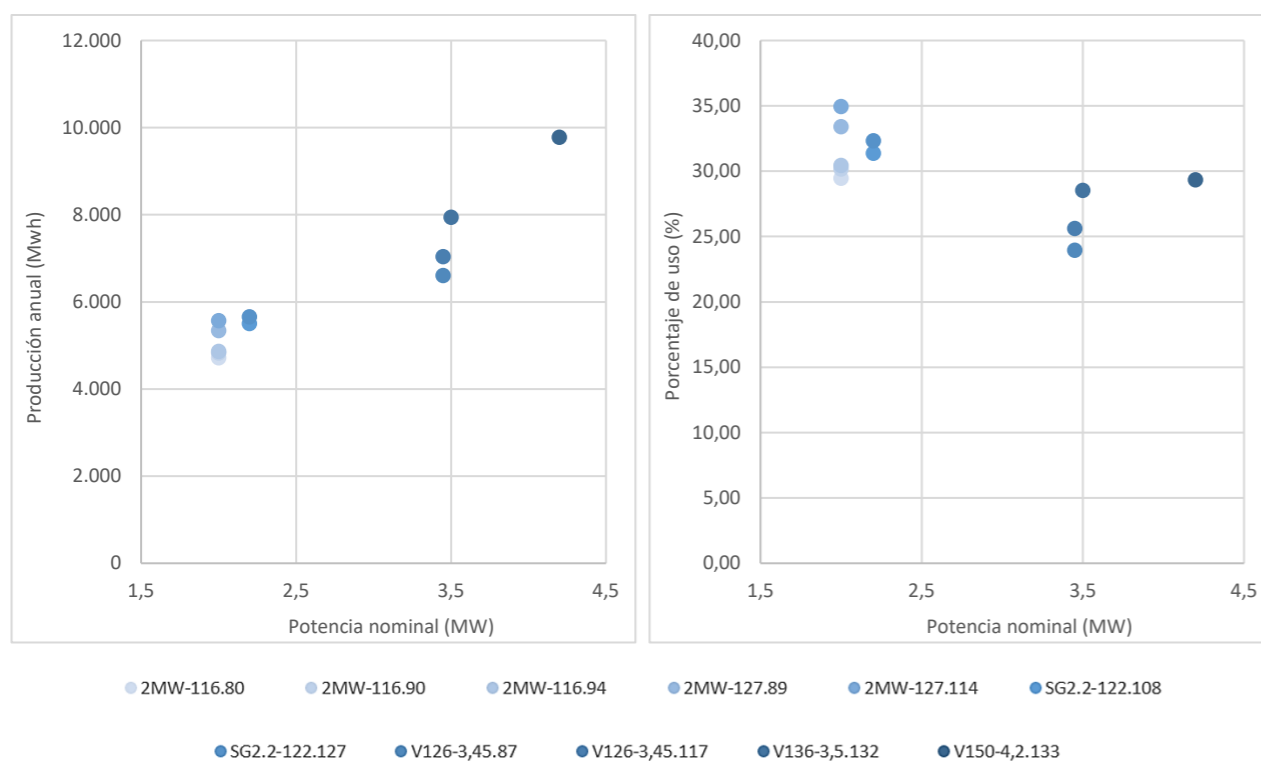


Gráfico 36. Relación producción anual y factor de uso junto con la potencia nominal de cada modelo de aerogenerador de la Zona 5 (Fuente: propia)

Atendiendo al Gráfico 35 puede identificarse como el modelo V150-4,2 con 133 metros de altura de buje perteneciente a la casa comercial Vestas permitiría alcanzar la mayor producción anual en este emplazamiento, caracterizándose por presentar una gran diferencia respecto al resto de aerogeneradores e identificándolo en una primera instancia como el más idóneo para disponer sobre este emplazamiento.

Del mismo modo, este modelo se caracteriza por presentar la mayor relación de la producción anual como respecto a la potencia nominal, por lo tanto, le identifica de nuevo como el modelo adecuado. Sin embargo, atendiendo a la relación de la producción anual frente al factor de uso puede observarse como el modelo 2MW-127 con 114 metros de altura de buje permite una mayor relación. Del mismo modo, este también un buen resultado de la primera relación mencionada.

Aquí concluye el análisis técnico de los modelos posibles de aerogeneradores a disponer en este emplazamiento ubicado entre el municipio de Vilafamés y La Pobla Tornesa, encontrándose en el Apéndice 3 todos los resultados obtenidos. Destacar que, una vez finalizado el Análisis económico podrá determinarse con mayor juicio el aerogenerador óptimo a disponer en este posible emplazamiento.

### Análisis económico

De los modelos de aerogeneradores posibles a disponer sobre este emplazamiento se estima la rentabilidad de cada uno de ellos a partir de la obtención de los conceptos económicos indicados en el apartado 9.3. Tipología de aerogenerador a disponer los cuales han sido detallados en el Análisis económico de la anterior Zona 4 – Coves de Vinromà analizada, del mismo modo, se atenderán las mismas limitaciones indicadas.

En una primera instancia se recogen para este caso los datos de partida para realizar dicho análisis económico al variar tras la estimación de producciones anuales distintas, todo ellos recopilados en las dos siguientes tablas.

	Modelo aerogenerador	Potencia nominal (MW)	Nº aeros	Producción anual (MWh)	Inversión (€)	
GE	2MW-116	80	2	15	70.755	26.460.000
		90			72.391	27.930.000
		94			72.987	28.518.000
	2MW-127	89			80.127	27.783.000
		114			83.549	31.458.000
SG	SG2.2-122	108	2,2	14	77.089	31.753.568
		127			79.278	34.621.048
Vestas	V126-3,45	87	3,45	9	59.489	31.098.438
		117			63.364	37.184.238
	V126-3,5	132			3,5	9
	V150-4,2	133	4,2	7	68.492	37.369.164

Tabla 33. Datos de partida por aerogenerador posible a disponer en la Zona 5 para ambos precios de la electricidad (1/2) (Fuente: propia)

Modelo aerogenerador	Ingresos		Gastos de explotación			
	46,18 €/MWh	148,82 €/MWh	46,18 €/MWh	148,82 €/MWh		
	2MW-116	80	3.267.748,00	10.529.690,98	163.387,40	526.484,55
		90	3.343.312,42	10.773.182,85	167.165,62	538.659,14
		94	3.370.870,72	10.861.984,17	168.543,54	543.099,21
	2MW-127	89	3.700.615,20	11.924.522,50	185.030,76	596.226,12
		114	3.858.631,84	12.433.700,80	192.931,59	621.685,04
	SG2.2-122	108	3.560.305,40	11.472.401,09	178.015,27	573.620,05
		127	3.661.381,23	11.798.098,55	183.069,06	589.904,93
	V126-3,45	87	2.747.457,33	8.853.154,15	137.372,87	442.657,71
		117	2.926.400,01	9.429.762,58	146.320,00	471.488,13
	V126-3,5	132	3.300.923,44	10.636.592,48	165.046,17	531.829,62
	V150-4,2	133	3.163.262,38	10.193.006,12	158.163,12	509.650,31

Tabla 34. Datos de partida por aerogenerador posible a disponer en la Zona 5 para ambos precios de la electricidad (2/2)  
(Fuente: propia)

El flujo de caja obtenido para cada aerogenerador permite estimar la amortización y la rentabilidad de cada uno de ellos, detallándose únicamente para el modelo 2MW-116 con una altura de buje de 80 metros. En la [Tabla 36](#) para el menor precio de la electricidad empleado junto para el mayor precio de la electricidad sobre la [Tabla 37](#).

En el [Apéndice 4](#) se detalla el flujo de caja estimado para el resto de los modelos de aerogeneradores posibles a disponer sobre este emplazamiento.

donde se atiende a ambos precios de la electricidad establecidos. Puede identificarse como el modelo 2MW-127 con una altura de buje de 89 metros permitirá obtener la mayor amortización y rentabilidad durante los años analizados. Del mismo modo, los modelos pertenecientes a las casas comerciales Siemens Gamesa y Vestas destacan por no producirse ninguna amortización a lo largo de la vida útil estudiada por lo que en un principio serán descartados.

Los dos siguientes conceptos económicos se corresponden con el Valor Actual Neto (VAN) junto la Tasa Interna de Retorno (TIR) están directamente relacionados. El primero de ellos se obtiene para cada tasa de descuento y a partir de los valores obtenidos puede determinarse el siguiente. En la [Tabla 38](#) y [Tabla 39](#) se recogen dichos valores para cada uno de los modelos de aerogeneradores analizados.

Atendiendo a los valores obtenidos con el menor precio de la electricidad el aerogenerador 2MW-127 con 89 metros de altura de buje perteneciente a la casa comercial GE Renewable Energy permitiría la mayor rentabilidad al estimar con una tasa de descuento del 11% un VAN de 1.824.354,49 euros correspondiéndose con una TIR del 11,90%.

Con el mayor precio de la electricidad no se puede determinar qué modelo de aerogenerador permitirá una mayor rentabilidad a partir de los valores obtenidos del VAN para las tasas de descuento aplicadas, sin embargo, mediante la relación entre los gastos de explotación junto con la inversión puede determinarse la TIR para cada uno de ellos. De nuevo, el modelo 2MW-127 con una altura de buje igual a 89 metros permitirá la mayor rentabilidad anual correspondiente al 42,92%.

El último concepto económico atendido para este análisis correspondiente con el PayBack permite identificar el plazo de recuperación de la inversión durante la vida útil de los aerogeneradores a partir del flujo de caja neto acumulado con una tasa de descuento del 10% ([Tabla 38](#)).

El modelo 2MW-127 con una altura de buje de 89 metros es identificado como el más idóneo al presentar un plazo de recuperación entre tres y diecisiete años como puede identificarse en la siguiente [Tabla 35](#).

Atendidos los conceptos que conforman este análisis económico puede identificarse como de la casa comercial GE Renewable Energy el modelo 2MW-127 con una altura de buje de 89 metros permitirá obtener la mayor rentabilidad.

Tras realizar el [Análisis técnico](#) el modelo 2MW-127 con una altura de 114 metros o el modelo V150-4,2 fueron identificados como los más idóneos a disponer en este emplazamiento. En este caso, atendiendo a lo obtenido en el [Análisis económico](#) el modelo **2MW-127** con una altura de buje de **89 metros** perteneciente a la casa comercial GE Renewable Energy permitirá obtener la mayor rentabilidad, atendiendo al análisis técnico puede verificarse como dicho modelo obtiene unos valores muy similares a los obtenidos a los del modelo preseleccionado de esta misma casa comercial, por lo tanto, queda justificado que dicho modelo sea empleado para realizar el diseño del parque eólico en la Zona 4 tras atender estos dos criterios.

	Modelo aerogenerador	Altura (m)	Años	
			46,18 €/MWh	148,82 €/MWh
	2MW-116	80	20,07	3,23
		90	22,20	3,35
		94	24,22	3,41
	2MW-127	89	16,40	2,95
		114	20,50	3,26
	SG2.2-122	108	+ 25	3,62
		127	+ 25	2,88
	V126-3,45	87	+ 25	4,85
		117	+ 25	5,64
	V136-3,5	132	+ 25	5,05
	V150-4,2	133	+ 25	5,12

Tabla 35. PayBack para ambos precios de la electricidad durante la vida útil de cada modelo de aerogenerador, Zona 5  
(Fuente: propia)

2MW-116.80						
Año	Inversión (€)	Gastos de explotación (€)	Ingresos (€)	Flujo de caja neto sin tasa de descuento (€)	Flujo de caja neto con 10% tasa de descuento (€)	Flujo de caja neto acumulado con 10% tasa de descuento (€)
1	-26.460.000	-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	2.822.146,00	-23.637.854,00
2		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	2.565.587,27	-21.072.266,73
3		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	2.332.352,06	-18.739.914,67
4		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	2.120.320,06	-16.619.594,61
5		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	1.927.563,69	-14.692.030,93
6		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	1.752.330,63	-12.939.700,30
7		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	1.593.027,84	-11.346.672,46
8		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	1.448.207,13	-9.898.465,33
9		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	1.316.551,94	-8.581.913,40
10		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	1.196.865,40	-7.385.048,00
11		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	1.088.059,45	-6.296.988,55
12		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	989.144,96	-5.307.843,59
13		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	899.222,69	-4.408.620,91
14		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	817.475,17	-3.591.145,74
15		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	743.159,24	-2.847.986,49
16		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	675.599,31	-2.172.387,18
17		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	614.181,19	-1.558.205,99
18		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	558.346,54	-999.859,45
19		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	507.587,76	-492.271,68
20		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	461.443,42	-30.828,26
21		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	419.494,02	388.665,76
22		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	381.358,20	770.023,96
23		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	346.689,27	1.116.713,23
24		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	315.172,07	1.431.885,30
25		-163.387,40	3.267.748,00	3.104.360,60	286.520,06	1.718.405,36

Tabla 36. Flujo de caja para el menor precio de la electricidad del modelo 2MW-116.80, Zona 5 (Fuente: propia)

2MW-116.80						
Año	Inversión (€)	Gastos de explotación (€)	Ingresos (€)	Flujo de caja neto sin tasa de descuento (€)	Flujo de caja neto con 10% tasa de descuento (€)	Flujo de caja neto acumulado con 10% tasa de descuento (€)
1	-26.460.000	-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	9.093.824,03	-17.366.175,97
2		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	8.267.112,75	-9.099.063,22
3		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	7.515.557,05	-1.583.506,17
4		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	6.832.324,59	5.248.818,42
5		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	6.211.204,17	11.460.022,59
6		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	5.646.549,25	17.106.571,83
7		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	5.133.226,59	22.239.798,42
8		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	4.666.569,63	26.906.368,05
9		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	4.242.336,02	31.148.704,07
10		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	3.856.669,11	35.005.373,18
11		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	3.506.062,83	38.511.436,01
12		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	3.187.329,84	41.698.765,86
13		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	2.897.572,59	44.596.338,44
14		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	2.634.156,90	47.230.495,34
15		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	2.394.688,09	49.625.183,43
16		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	2.176.989,17	51.802.172,60
17		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	1.979.081,06	53.781.253,66
18		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	1.799.164,60	55.580.418,27
19		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	1.635.604,19	57.216.022,45
20		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	1.486.912,90	58.702.935,35
21		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	1.351.739,00	60.054.674,34
22		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	1.228.853,63	61.283.527,98
23		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	1.117.139,67	62.400.667,64
24		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	1.015.581,51	63.416.249,16
25		-526.484,55	10.529.690,98	10.003.206,43	923.255,92	64.339.505,08

Tabla 37. Flujo de caja para el mayor precio de la electricidad del modelo 2MW-116.80, Zona 5 (Fuente: propia)

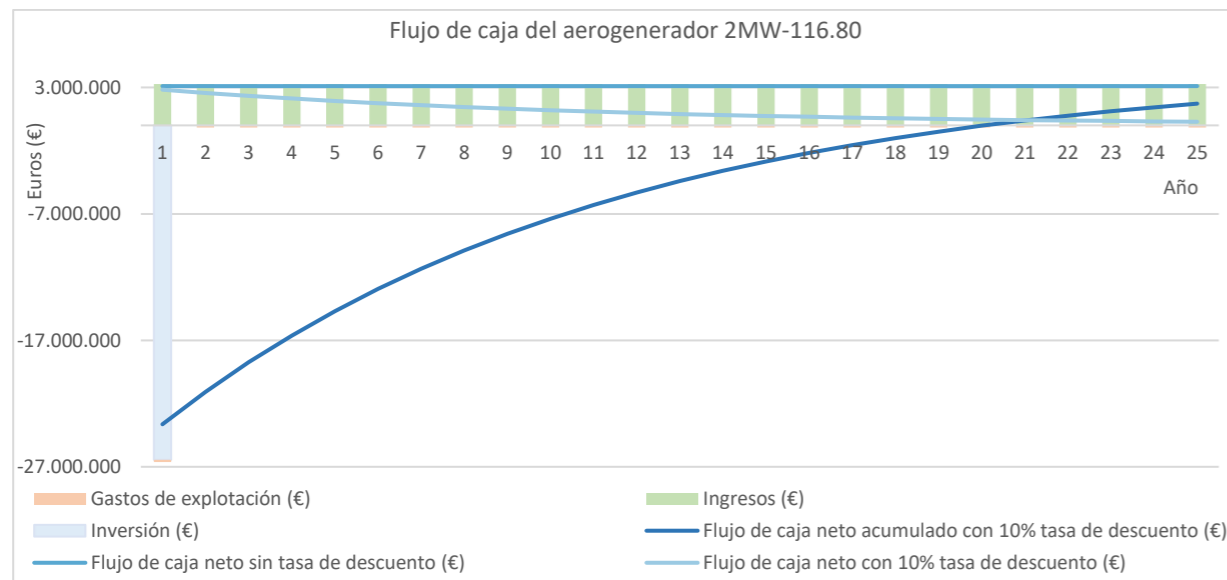


Gráfico 37. Flujo de caja para el menor precio de la electricidad del modelo 2MW-116.80, Zona 5 (Fuente: propia)

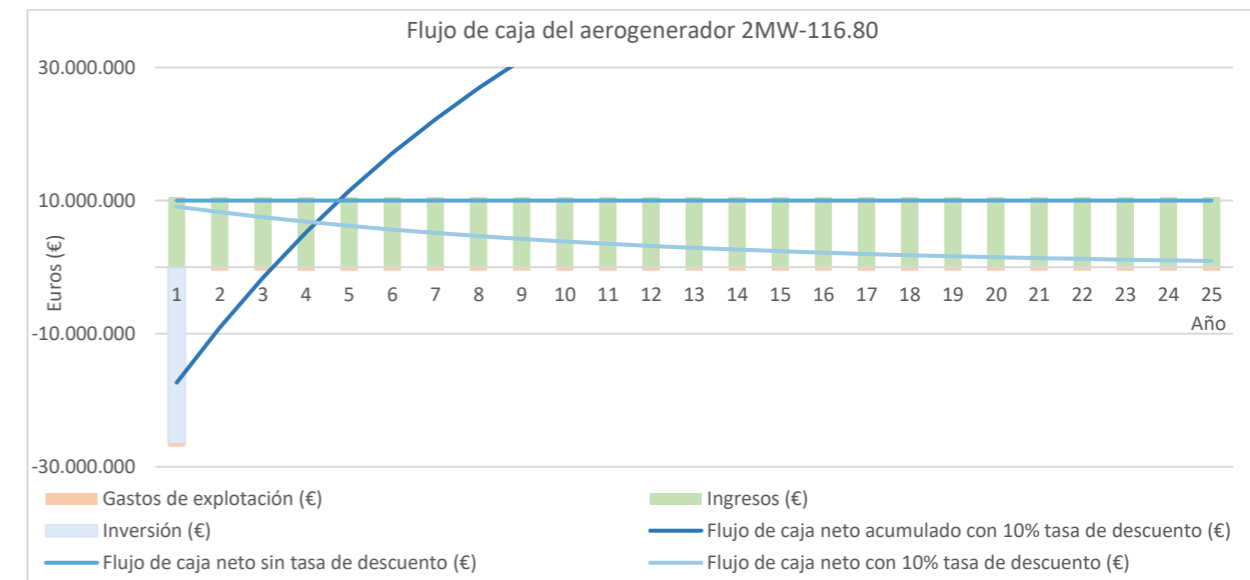


Gráfico 38. Flujo de caja para el mayor precio de la electricidad del modelo 2MW-116.80, Zona 5 (Fuente: propia)

Año	GE Renewable Energy					SIEMENS Gamesa		Vestas				
	2MW-116			2MW-127		SG2.2-122		V126-3,45		V136-3,5	V150-4,2	
	80	90	94	89	114	108	127	87	117	132	133	
1	-23.637.854,00	-25.042.594	-25.606.793	-24.587.014	-28.125.545	-28.678.759	-31.458.946	-28.725.634	-34.656.893	-35.736.702	-34.637.256	
2	-21.072.266,73	-22.417.679,10	-22.960.242,08	-21.681.572,46	-25.096.040,89	-25.883.477,69	-28.584.307,88	-26.568.539,34	-32.359.305,75	-33.145.068,38	-32.153.702,48	
3	-18.739.914,67	-20.031.393,00	-20.554.286,27	-19.040.261,84	-22.341.946,04	-23.342.313,06	-25.971.000,46	-24.607.544,24	-30.270.590,49	-30.789.037,37	-29.895.926,93	
4	-16.619.594,61	-17.862.042,00	-18.367.053,72	-16.639.070,36	-19.838.223,45	-21.032.163,39	-23.595.266,45	-22.824.821,43	-28.371.758,44	-28.647.191,01	-27.843.403,70	
5	-14.692.030,93	-15.889.904,72	-16.378.660,49	-14.456.169,02	-17.562.112,01	-18.932.027,32	-21.435.508,26	-21.204.164,33	-26.645.547,48	-26.700.057,94	-25.977.473,49	
6	-12.939.700,30	-14.097.052,66	-14.571.030,28	-12.471.713,26	-15.492.919,78	-17.022.812,72	-19.472.091,72	-19.730.839,69	-25.076.264,80	-24.929.936,98	-24.281.173,30	
7	-11.346.672,46	-12.467.187,14	-12.927.730,09	-10.667.662,56	-13.611.835,94	-15.287.163,08	-17.687.167,60	-18.391.453,66	-23.649.644,17	-23.320.736,10	-22.739.082,22	
8	-9.898.465,33	-10.985.491,21	-11.433.820,82	-9.027.616,47	-11.901.759,72	-13.709.299,77	-16.064.509,30	-17.173.829,99	-22.352.716,33	-21.857.826,21	-21.337.181,24	
9	-8.581.913,40	-9.638.494,92	-10.075.721,49	-7.536.665,49	-10.347.144,98	-12.274.878,59	-14.589.365,39	-16.066.899,39	-21.173.691,02	-20.527.908,13	-20.062.725,80	
10	-7.385.048,00	-8.413.952,83	-8.841.085,73	-6.181.255,50	-8.933.858,85	-10.970.859,32	-13.248.325,48	-15.060.598,83	-20.101.849,83	-19.318.891,69	-18.904.129,95	
11	-6.296.988,55	-7.300.732,76	-7.718.689,59	-4.949.064,60	-7.649.053,27	-9.785.387,27	-12.029.198,29	-14.145.780,15	-19.127.448,74	-18.219.785,84	-17.850.860,99	
12	-5.307.843,59	-6.288.714,50	-6.698.329,46	-3.828.891,05	-6.481.048,21	-8.707.685,40	-10.920.900,84	-13.314.126,80	-18.241.629,58	-17.220.598,70	-16.893.343,76	
13	-4.408.620,91	-5.368.697,91	-5.770.729,35	-2.810.551,47	-5.419.225,42	-7.727.956,42	-9.913.357,70	-12.558.078,30	-17.436.339,42	-16.312.246,76	-16.022.873,54	
14	-3.591.145,74	-4.532.319,19	-4.927.456,51	-1.884.788,21	-4.453.931,97	-6.837.293,72	-8.997.409,39	-11.870.761,49	-16.704.257,47	-15.486.472,27	-15.231.536,99	
15	-2.847.986,49	-3.771.974,90	-4.160.844,85	-1.043.185,24	-3.576.392,48	-6.027.600,36	-8.164.729,12	-11.245.928,02	-16.038.728,42	-14.735.768,18	-14.512.140,12	
16	-2.172.387,18	-3.080.752,81	-3.463.925,15	-278.091,64	-2.778.629,30	-5.291.515,48	-7.407.747,05	-10.677.897,59	-15.433.702,01	-14.053.309,92	-13.858.142,96	
17	-1.558.205,99	-2.452.369,10	-2.830.361,79	417.448,00	-2.053.390,05	-4.622.347,41	-6.719.581,53	-10.161.506,29	-14.883.678,00	-13.432.893,32	-13.263.600,09	
18	-999.859,45	-1.881.111,18	-2.254.395,10	1.049.756,76	-1.394.081,64	-4.014.012,80	-6.093.976,51	-9.692.059,66	-14.383.656,17	-12.868.878,23	-12.723.106,58	
19	-492.271,68	-1.361.785,80	-1.730.789,01	1.624.582,91	-794.710,36	-3.460.981,33	-5.525.244,68	-9.265.289,99	-13.929.090,88	-12.356.137,24	-12.231.748,84	
20	-30.828,26	-889.671,81	-1.254.783,48	2.147.152,14	-249.827,38	-2.958.225,46	-5.008.215,74	-8.877.317,57	-13.515.849,70	-11.890.009,07	-11.785.059,98	
21	388.665,76	-460.477,28	-822.051,18	2.622.215,07	245.520,79	-2.501.174,66	-4.538.189,43	-8.524.615,36	-13.140.175,90	-11.466.256,18	-11.378.979,20	
22	770.023,96	-70.300,44	-428.658,18	3.054.090,46	695.837,31	-2.085.673,94	-4.110.892,78	-8.203.977,00	-12.798.654,26	-11.081.026,28	-11.009.814,86	
23	1.116.713,23	284.405,79	-71.028,18	3.446.704,46	1.105.215,96	-1.707.946,01	-3.722.441,29	-7.912.487,57	-12.488.180,05	-10.730.817,29	-10.674.210,91	
24	1.431.885,30	606.865,99	254.090,00	3.803.626,27	1.477.378,37	-1.364.556,98	-3.369.303,56	-7.647.497,18	-12.205.930,76	-10.412.445,47	-10.369.116,41	
25	1.718.405,36	900.011,63	549.651,98	4.128.100,64	1.815.707,83	-1.052.385,13	-3.048.269,27	-7.406.596,83	-11.949.340,50	-10.123.016,55	-10.091.757,77	
1	-17.366.175,97	-18.625.888	-19.137.195	-17.484.549	-20.719.804	-21.845.585	-24.431.781	-23.452.532	-29.040.352	-29.401.352	-28.566.113	
2	-9.099.063,22	-10.167.603,48	-10.609.191,39	-8.122.320,35	-10.957.807,36	-12.838.328,19	-15.168.811,14	-16.501.708,64	-21.636.819,52	-21.050.308,26	-20.563.339,86	
3	-1.583.506,17	-2.478.254,34	-2.856.460,39	388.796,38	-2.083.265,09	-4.649.912,69	-6.747.929,38	-10.182.778,19	-14.906.335,34	-13.458.450,37	-13.288.091,31	
4	5.248.818,42	4.512.063,07	4.191.476,88	8.126.175,23	5.984.500,60	2.794.101,41	907.417,68	-4.438.295,95	-8.787.713,35	-6.556.761,37	-6.674.229,00	
5	11.460.022,59	10.866.897,07	10.598.692,58	15.160.156,00	13.318.833,06	9.561.386,94	7.866.824,09	783.960,62	-3.225.329,72	-282.498,65	-661.626,89	
6	17.106.571,83	16.644.018,89	16.423.434,13	21.554.683,98	19.986.408,01	15.713.464,71	14.193.557,19	5.531.466,60	1.831.382,67	5.421.376,56	4.804.375,02	
7	22.239.798,42	21.895.947,82	21.718.653,72	27.367.891,22	26.047.839,79	21.306.262,67	19.945.132,74	9.847.381,13	6.428.393,93	10.606.717,65	9.773.467,67	
8	26.906.368,05	26.670.428,66	26.532.489,71	32.652.625,09	31.558.232,32	26.390.624,46	25.173.837,79	13.770.939,79	10.607.495,08	15.320.664,10	14.290.824,62	
9	31.148.704,07	31.010.865,79	30.908.704,24	37.456.928,60	36.567.680,07	31.012.771,54	29.927.206,01	17.337.811,30	14.406.677,94	19.606.069,96	18.397.512,76	
10	35.005.373,18	34.956.717,73	34.887.081,09	41.824.477,24	41.121.723,48	35.214.723,43	34.248.449,84	20.580.421,76	17.860.480,54	23.501.893,47	22.130.865,61	
11	38.511.436,01	38.543.855,85	38.503.787,32	45.794.976,01	45.261.762,95	39.034.679,70	38.176.853,33	23.528.249,45	21.000.301,09	27.043.551,21	25.524.822,75	
12	41.698.765,86	41.804.890,51	41.791.702,07	49.404.520,35	49.025.435,19	42.507.367,21	41.748.129,23	26.208.092,81	23.854.683,40	30.263.240,06	28.610.238,33	
13	44.596.338,44	44.769.467,47	44.780.715,48	52.685.924,29	52.446.955,40	45.664.355,86	44.994.743,69	28.644.314,05	26.449.576,42	33.190.229,93	31.415.161,59	
14	47.230.495,34	47.464.537,44	47.498.000,40	55.669.018,78	55.557.428,33	48.534.345,54	47.946.211,37	30.859.060,62	28.808.570,07	35.851.129,81	33.965.091,82	
15	49.625.183,43	49.914.601,05	49.968.259,42	58.380.922,87	58.385.130,99	51.143.427,06	50.629.363,81	32.872.466,60	30.953.109,75	38.270.129,70	36.283.210,22	
16	51.802.172,60	52.141.931,60	52.213.949,44	60.846.290,22	60.955.769,77	53.515.319,36	53.068.593,30	34.702.835,67	32.902.691,27	40.469.220,51	38.390.590,57	
17	53.781.253,66	54.166.777,55	54.255.485,82	63.087.533,26	63.292.714,12	55.671.585,09	55.286.074,66	36.366.807,56	34.675.038,12	42.468.393,97	40.306.390,90	
18	55.580.418,27	56.007.546,60	56.111.427,98	65.125.026,94	65.417.208,98	57.631.826,65	57.301.966,80	37.879.509,27	36.286.262,52	44.285.824,39	42.048.027,56	
19	57.216.022,45	57.680.973,01	57.798.648,13	66.977.293,92	67.348.567,94	59.413.864,44	59.134.596,02	39.254.692,64	37.751.011,98	45.938.033,86	43.631.333,61	
20	58.702.935,35	59.202.269,74	59.332.484,62	68.661.172,99	69.104.348,82	61.033.898,80	60.800.622,58	40.504.859,35	39.082.602,39	47.440.042,47	45.070.702,75	
21	60.054.674,34	60.585.266,78	60.726.881,44	70.191.972,15	70.700.513,25	62.506.657,30	62.315.192,19	41.641.374,53	40.293.139,14	48.805.504,85	46.379.220,15	
22	61.283.527,98	61.842.536,81	61.994.514,91	71.583.607,74	72.151.571,83	63.845.528,67	63.692.073,65	42.674.570,16	41.393.627,08	50.046.834,28	47.568.781,42	
23	62.400.667,64	62.985.509,56	63.146.908,97	72.848.731,01	73.470.715,99	65.062.684,46	64.943.784,06	43.613.838,90	42.394.070,67	51.175.315,58	48.650.200,76	
24	63.416.249,16	64.024.575,70	64.194.539,94	73.998.843,08	74.669.937,95	66.169.189,72	66.081.702,62	44.467.719,58	43.303.564,84	52.201.207,67	49.633.309,25	
25	64.339.505,08	64.969.181,28	65.146.931,73	75.044.399,50	75.760.139,74	67.175.103,59	67.116.174,04	45.243.974,75	44.130.377,72	53.133.836,84	50.527.044,24	

Tabla 38. Flujo de caja neto acumulado con tasa de descuento para ambos precios de la electricidad (superior con 46,18€/MWh e inferior con 148,82€/MWh) y para todos los modelos de aerogeneradores de la Zona 5 (Fuente: propia)

Año	GE Renewable Energy					SIEMENS Gamesa		Vestas				
	2MW-116			2MW-127		SG2.2-122		V126-3,45		V136-3,5	V150-4,2	
	80	90	94	89	114	108	127	87	117	132	133	
0	51.149.014,89	51.473.670,06	51.540.179,55	60.106.610,98	60.184.506,16	52.803.685,26	52.336.756,16	34.153.673,70	32.317.762,23	39.809.431,69	37.758.317,46	
1	41.907.816,75	42.018.775,56	42.007.350,14	49.641.263,48	49.272.287,28	42.735.134,16	41.982.362,41	26.383.858,63	24.041.896,90	30.474.413,32	28.812.604,86	
2	34.147.848,97	34.079.363,85	34.002.495,35	40.853.359,78	40.109.139,20	34.280.426,14	33.287.628,18	19.859.432,50	17.092.533,05	22.635.663,34	21.300.760,57	
3	27.596.689,54	27.376.713,36	27.244.596,18	33.434.391,06	32.373.379,78	27.142.749,57	25.947.315,47	14.351.348,33	11.225.705,79	16.017.994,00	14.959.073,21	
4	22.036.569,40	21.688.019,26	21.509.011,25	27.137.741,16	25.807.862,30	21.084.838,81	19.717.422,73	9.676.510,22	6.246.394,15	10.401.425,37	9.576.736,85	
5	17.292.686,15	16.834.436,97	16.615.421,79	21.765.452,20	20.206.176,07	15.916.241,60	14.402.090,85	5.687.947,80	1.998.055,54	5.609.380,37	4.984.538,36	
6	13.224.147,14	12.671.815,79	12.418.488,90	17.157.967,99	15.401.951,82	11.483.451,37	9.843.455,25	2.267.201,36	-1.645.485,10	1.499.535,98	1.046.090,11	
7	9.716.924,42	9.083.490,95	8.800.586,18	13.186.155,68	11.260.542,73	7.662.231,37	5.913.752,15	-681.601,55	-4.786.344,37	-2.043.293,43	-2.348.989,83	
8	6.678.354,57	5.974.656,26	5.666.125,95	9.745.077,06	7.672.529,70	4.351.622,15	2.509.155,89	-3.236.370,47	-7.507.506,12	-5.112.712,01	-5.290.401,99	
9	4.032.829,07	3.267.954,81	2.937.113,67	6.749.108,01	4.548.632,48	1.469.246,05	-455.049,86	-5.460.675,54	-9.876.680,80	-7.785.095,91	-7.851.337,31	
10	1.718.405,36	900.011,63	549.651,98	4.128.100,64	1.815.707,83	-1.052.385,13	-3.048.269,27	-7.406.596,83	-11.949.340,50	-10.123.016,55	-10.091.757,77	
11	-315.867,72	-1.181.302,61	-1.548.818,14	1.824.354,49	-586.408,51	-3.268.784,14	-5.327.591,07	-9.116.973,06	-13.771.114,02	-12.177.942,35	-12.060.985,35	
12	-2.112.067,99	-3.019.038,79	-3.401.702,43	-209.782,18	-2.707.403,03	-5.225.795,99	-7.340.161,80	-10.627.182,42	-15.379.683,75	-13.992.378,35	-13.799.752,47	
13	-3.705.083,47	-4.648.891,65	-5.044.989,86	-2.013.818,87	-4.588.472,26	-6.961.432,15	-9.125.072,07	-11.966.558,06	-16.806.293,29	-15.601.566,73	-15.341.831,58	
14	-5.123.954,89	-6.100.573,50	-6.508.637,65	-3.620.643,25	-6.263.908,20	-8.507.333,36	-10.714.860,88	-13.159.516,85	-18.076.949,83	-17.034.843,09	-16.715.334,86	
15	-6.392.950,30	-7.398.913,55	-7.817.679,67	-5.057.738,06	-7.762.367,11	-9.889.940,35	-12.136.719,59	-14.226.462,87	-19.213.386,35	-18.316.721,83	-17.943.754,38	
16	-7.532.427,93	-8.564.740,83	-8.993.116,65	-6.348.158,34	-9.107.888,46	-11.131.434,00	-13.413.458,81	-15.184.512,94	-20.233.834,49	-19.467.767,89	-19.046.797,44	
17	-8.559.531,60	-9.615.595,56	-10.052.633,38	-7.511.318,86	-10.320.716,04	-12.250.492,98	-14.564.287,49	-16.048.081,22	-21.153.647,22	-20.505.299,11	-20.041.059,66	
18	-9.488.752,91	-10.566.304,47	-11.011.178,80	-8.563.630,87	-11.417.961,89	-13.262.906,31	-15.605.442,88	-16.829.351,96	-21.985.802,34	-21.443.954,23	-20.940.569,29	
19	-10.332.387,39	-11.429.447,42	-11.881.436,48	-9.519.018,68	-12.414.144,85	-14.182.070,33	-16.550.701,65	-17.538.663,00	-22.741.311,01	-22.296.153,61	-21.757.228,72	
20	-11.100.905,81	-12.215.737,31	-12.674.207,60	-10.389.340,06	-13.321.629,04	-15.019.393,25	-17.411.795,87	-18.184.817,97	-23.429.550,23	-23.072.474,34	-22.501.173,92	
21	-11.803.257,43	-12.934.330,32	-13.398.723,84	-11.184.729,75	-14.150.981,95	-15.784.625,53	-18.198.752,83	-18.775.341,19	-24.058.534,40	-23.781.956,49	-23.181.067,97	
22	-12.447.118,42	-13.593.080,15	-14.062.903,62	-11.913.880,76	-14.911.267,79	-16.486.130,59	-18.920.173,38	-19.316.686,67	-24.635.137,87	-24.432.354,21	-23.804.341,63	
23	-13.039.096,18	-14.198.747,00	-14.673.562,87	-12.584.275,77	-15.610.288,72	-17.131.107,39	-19.583.460,84	-19.814.409,77	-25.165.277,81	-25.030.341,97	-24.377.391,02	
24	-13.584.897,80	-14.757.169,90	-15.236.588,75	-13.202.377,82	-16.254.783,80	-17.725.773,95	-20.195.009,77	-20.273.308,88	-25.654.065,15	-25.581.684,77	-24.905.740,73	
25	-14.089.469,39	-15.273.409,36	-15.757.083,47	-13.773.788,25	-16.850.593,51	-18.275.519,20	-20.760.362,10	-20.697.542,61	-26.105.929,35	-26.091.378,97	-25.394.178,74	
TIR	10,84 %	10,43 %	10,26 %	11,90 %	10,76 %	9,58 %	8,85 %	6,77 %	5,50 %	6,42 %	6,31 %	
0	223.620.160,76	227.933.092,74	229.454.124,00	255.424.409,27	263.842.393,96	240.715.957,84	245.583.792,55	179.163.972,97	186.772.623,38	214.031.571,47	204.714.731,37	
1	193.842.172,72	197.466.509,18	198.736.410,13	221.701.834,80	228.679.862,19	208.271.983,65	212.218.745,26	154.127.234,59	160.105.235,14	183.951.265,76	175.888.888,82	
2	168.837.165,34	171.883.278,17	172.942.301,37	193.384.501,12	199.153.375,53	181.028.309,13	184.201.632,33	133.103.523,14	137.712.243,41	158.692.397,85	151.683.411,77	
3	147.727.310,96	150.285.272,91	151.166.267,82	169.478.297,80	174.226.374,93	158.028.515,79	160.548.882,89	115.354.778,65	118.807.518,15	137.368.228,05	131.248.540,95	
4	129.810.890,55	131.954.547,58	132.684.445,77	149.188.551,53	153.070.254,47	138.508.060,60	140.474.248,79	100.291.009,73	102.762.641,70	119.269.913,19	113.904.994,66	
5	114.524.636,91	116.314.809,82	116.915.792,61	131.877.381,08	135.019.895,31	121.853.247,73	123.346.611,59	87.438.632,58	89.073.185,58	103.828.467,59	99.107.516,07	
6	101.414.550,52	102.901.561,69	103.391.981,60	117.030.647,18	119.539.204,39	107.569.431,64	108.657.282,96	76.415.933,44	77.332.574,93	90.585.282,52	86.416.622,19	
7	90.113.198,19	91.338.873,34	91.733.984,19	104.232.244,03	106.194.308,14	95.256.283,32	95.994.568,65	66.913.981,82	67.211.758,50	79.169.194,47	75.476.628,43	
8	80.321.989,81	81.321.250,00	81.633.787,46	93.144.028,36	94.632.624,56	84.588.480,26	85.023.910,39	58.681.729,12	58.443.336,85	69.278.581,96	65.998.492,08	
9	71.797.291,47	72.599.423,86	72.840.068,95	83.490.092,89	84.566.465,08	75.300.576,30	75.472.326,08	51.514.332,79	50.809.125,96	60.667.337,57	57.746.369,34	
10	64.339.505,08	64.969.181,28	65.146.931,73	75.044.399,50	75.760.139,74	67.175.103,59	67.116.174,04	45.243.974,75	44.130.377,72	53.133.836,84	50.527.044,24	
11	57.784.450,38	58.262.545,45	58.385.014,36	67.621.019,52	68.019.780,69	60.033.183,02	59.771.496,84	39.732.615,51	38.260.062,10	46.512.232,69	44.181.586,17	
12	51.996.539,60	52.340.793,20	52.414.450,22	61.066.404,34	61.185.282,79	53.727.087,80	53.286.373,77	34.866.255,57	33.076.754,76	40.665.560,80	38.578.742,73	
13	46.863.352,87	47.088.905,05	47.119.271,75	55.253.242,23	55.123.898,07	48.134.333,26	47.534.842,89	30.550.374,56	28.479.779,19	35.480.259,97	33.609.688,66	
14	42.291.311,94	42.411.138,81	42.402.947,56	50.075.558,95	49.725.127,20	43.152.963,20	42.412.053,47	26.706.293,74	24.385.332,29	30.861.801,90	29.183.837,87	
15	38.202.217,70	38.227.487,08	38.184.810,78	45.444.796,62	44.896.630,86	38.697.777,45	37.830.386,55	23.268.264,86	20.723.383,63	26.731.193,59	25.225.491,63	
16	34.530.469,62	34.470.832,35	34.397.190,65	41.286.664,86	40.560.946,46	34.697.302,35	33.716.339,36	20.181.132,32	17.435.185,27	23.022.168,51	21.671.147,00	
17	31.220.825,10	31.084.654,57	30.983.101,25	37.538.603,25	36.652.842,24	31.091.349,48	30.008.014,74	17.398.449,22	14.471.265,23	19.678.923,19	18.467.327,73	
18	28.226.587,72	28.021.177,51	27.894.372,52	34.147.729,67	33.117.178,01	27.829.041,76	26.653.091,25	14.880.954,16	11.789.805,00	16.654.287,16	15.568.830,52	
19	25.508.137,47	25.239.864,96	25.090.134,14	31.069.175,77	29.907.169,56	24.867.212,04	23.607.176,22	12.595.335,41	9.355.323,25	13.908.238,14	12.937.302,20	
20	23.031.734,29	22.706.196,66	22.535.581,29	28.264.732,08	26.982.975,85	22.169.099,58	20.832.465,28	10.513.225,01	7.137.604,42	11.406.693,56	10.540.081,54	
21	20.768.540,97	20.390.668,55	20.200.966,71	25.701.741,42	24.310.545,22	19.703.285,37	18.296.647,48	8.610.377,21	5.110.823,60	9.120.523,42	8.349.253,39	
22	18.693.822,45	18.267.973,59	18.060.774,78	23.352.192,16	21.860.669,98	17.442.819,89	15.972.008,17	6.865.995,26	3.252.829,56	7.024.741,56	6.340.873,60	
23	16.786.287,67	16.316.328,37	16.093.042,52	21.191.972,88	19.608.209,12	15.364.505,90	13.834.691,57	5.262.178,07	1.544.555,29	5.097.840,74	4.494.331,88	
24	15.027.546,68	14.516.917,71	14.278.799,65	19.200.257,60	17.531.447,39	13.448.307,02	11.864.092,48	3.783.463,72	-30.468,13	3.321.244,33	2.791.826,30	
25	13.401.661,54	12.853.435,09	12.601.605,26	17.358.997,11	15.611.564,90	11.676.858,41	10.042.353,05	2.416.451,93	-1.486.513,79	1.678.852,58	1.217.928,52	
TIR	39,79 %	38,57 %	38,09 %	42,92 %	39,52 %	36,13 %	34,08 %	28,57 %	23,98 %	27,56 %	27,28 %	

Tabla 39. Valor Actual Neto (VAN) según tasa de descuento y Tasa Interna de Retorno (TIR) para ambos precios de la electricidad, Zona 5

### 9.3.3. Zona 14 – Xixona

#### · Análisis técnico

Como se han identificado en los dos emplazamientos analizados anteriormente han sido identificado seis modelos de aerogeneradores distintos, sin embargo, algunos de ellos se caracterizan por poseer diferentes alturas de buje como se ha indicado en la *Tabla 17*. Finalmente, once aerogeneradores van a ser analizados atendiendo tanto este análisis técnico como el *Análisis económico* desarrollado posteriormente.

Como se indicado anteriormente, las características físicas y eólicas son determinantes para realizar correctamente este análisis en cada uno de los emplazamientos. En este caso se obtienen a partir de los recursos empleados en los dos casos anteriores correspondiéndose con los siguientes:

<p><b>Características físicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Temperatura : 15°C</li> <li>· Elevación : 848 m</li> <li>· Rugosidad superficial (z<sub>0</sub>) : 0,6 m</li> </ul>	<p><b>Características eólicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Velocidad del viento a 100 metros de altura : 6,4717 m/s</li> <li>· Factor de escala (A) : 6,38</li> <li>· Factor de forma (k) : 1,34</li> </ul>
--	---

De nuevo es necesario llevar a cabo las relaciones desarrolladas en el *apartado 9.3.1* para obtener los parámetros que influyen en la producción anual a la altura del buje, por lo tanto, dichos valores corregidos pueden consultarse tanto en la *Tabla 40* como en la *Tabla 41*.

Altura del buje (m)	GE Renewable Energy			SIEMENS Gamesa			
	2MW-116		2MW-127	SG2.2-122			
	80	90	94	89	114	108	127
Factor de escala corregido (A')	6,10172	6,24861	6,30284	6,23467	6,54340	6,47598	6,67807
Velocidad del viento a la altura de buje (m/s)	6,18942	6,33842	6,39343	6,32429	6,63745	6,56906	6,77405
Densidad del aire a la altura del buje (kg/m <sup>3</sup> )	1,09738	1,09608	1,09556	1,09621	1,09296	1,09374	1,09128
Factor de corrección	0,89582	0,89476	0,89433	0,89486	0,89221	0,89285	0,89084

Tabla 40. Valores corregidos atendiendo a las alturas de los aerogeneradores y características de la Zona 14 (1/2) (Fuente: propia)

Altura del buje (m)	Vestas			
	V126-3,45	V136-3,5	V150.4,2	
	87	117	132	146
Factor de escala corregido (A')	6,20633	6,57579	6,72623	6,85194
Velocidad del viento a la altura de buje (m/s)	6,29553	6,67031	6,82290	6,95042
Densidad del aire a la altura del buje (kg/m <sup>3</sup> )	1,09647	1,09257	1,09063	1,08882
Factor de corrección	0,89508	0,89190	0,89031	0,88884

Tabla 41. Valores corregidos atendiendo a las alturas de los aerogeneradores y características de la Zona 5 (2/2) (Fuente: propia)

Para obtener los factores que permitirán realizar este análisis técnico es necesario proceder como se ha indicado en el *apartado 9.3.1*. En este caso, puede identificarse que de la casa comercial Vestas el modelo V150-4,2 con 133 metros de altura de buje permitirá alcanzar la mayor producción anual en este emplazamiento como se puede observar en el *Gráfico 39*. Se podría deducir que dicho modelo se correspondería con el más idóneo atendiendo a este único factor.

Sin embargo, atendiendo a la relación del factor de uso con la producción nominal, representada en el *Gráfico 40*, el modelo 2MW-127 de 114 metros de altura de buje perteneciente a GE Renewable Energy permitiría también un buen aprovechamiento del recurso eólico sobre esta zona.

En la *Tabla 42* y *Tabla 43* quedan recogidos los valores obtenidos de dichos factores para cada uno de los modelos de aerogeneradores.

	GE Renewable Energy			SIEMENS Gamesa			
	2MW-116		2MW-127	SG2.2-122			
Altura del buje (m)	80	90	94	89	114	108	127
Producción anual (MWh)	6.303	6.463	6.521	6.960	7.276	7.387	7.605
Factor de uso (%)	40,16	41,23	41,62	44,39	46,55	42,93	44,30
Horas de funcionamiento	3.518	3.612	3.646	3.889	4.078	3.760	3.881
Energía aprovechada (%)	32,64	31,38	30,94	28,36	26,07	29,47	27,99

Tabla 42. Factores determinantes del análisis técnico de los aerogeneradores posibles a disponer en el emplazamiento de la Zona 14 (1/2) (Fuente: propia)

Altura del buje (m)	Vestas			
	V126-3,45	V136-3,5	V150.4,2	
	87	117	132	146
Producción anual (MWh)	9.392	10.056	11.091	13.638
Factor de uso (%)	34,72	37,31	40,63	41,70
Horas de funcionamiento	3.042	3.268	3.559	3.653
Energía aprovechada (%)	39,37	36,13	32,24	31,07

Tabla 43. Factores determinantes del análisis técnico de los aerogeneradores posibles a disponer en el emplazamiento de la Zona 14 (2/2) (Fuente: propia)

Todos los valores obtenidos en este análisis técnico quedan recopilados en el *Apéndice 3*. Del mismo modo, recalcar que concluido el *Análisis económico* de esta zona se podrá determinar cuál de los modelos de aerogenerador disponibles será el más indicado a disponer sobre este emplazamiento.

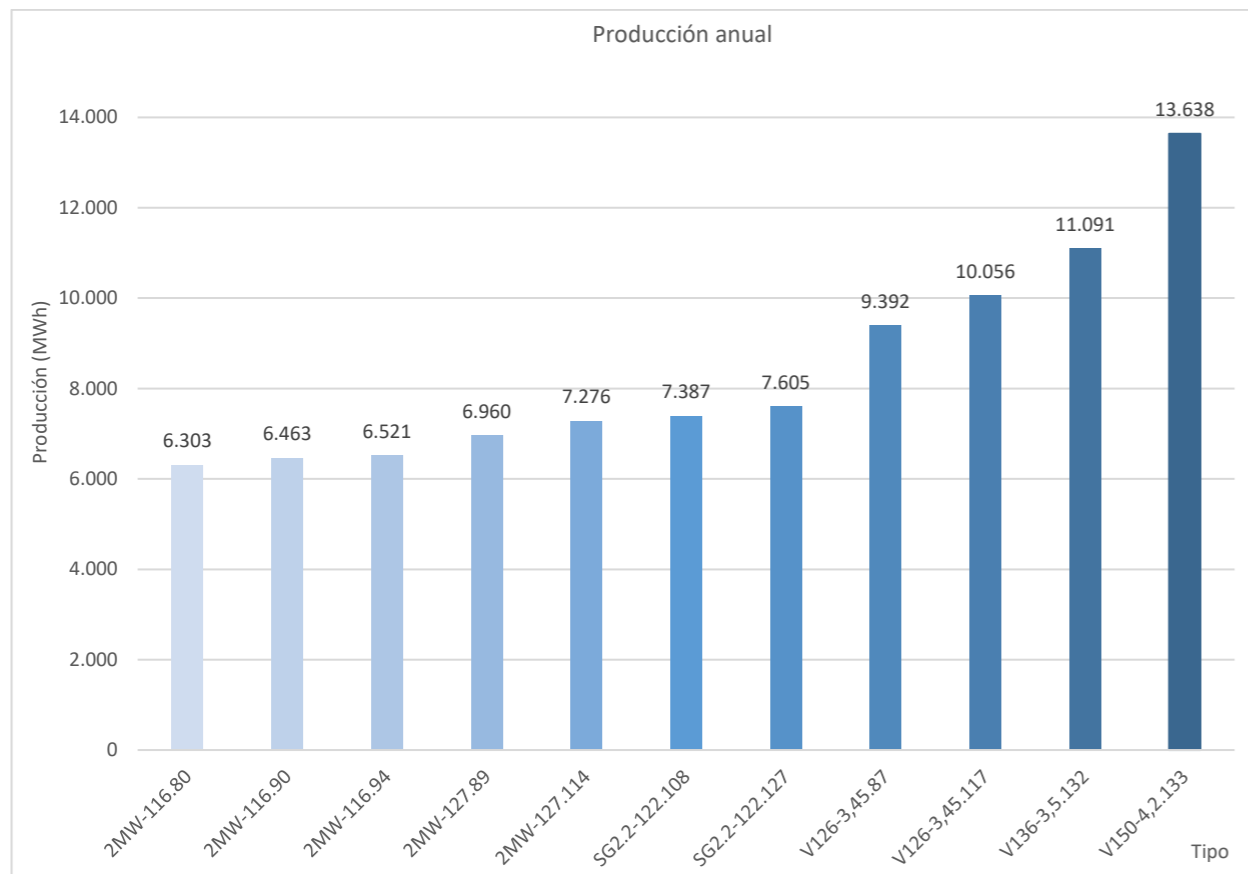


Gráfico 39. Producción anual de los aerogeneradores posibles a disponer en el emplazamiento de la Zona 14 (Fuente: propia)

Análisis económico

Los datos necesarios para comenzar con este análisis se recogen en la siguiente *Tabla 44* y *Tabla 45* tras atender la producción anual estimada para cada uno de los múltiples modelos de aerogeneradores posibles. Asimismo, se analizarán los mismos conceptos económicos junto con las mismas limitaciones impuestas en el primer emplazamiento analizado *Zona 4 – Coves de Vinromà*.

Modelo aerogenerador		Potencia nominal (MW)	Nº aeros	Producción anual (MWh)	Inversión (€)			
GE	2MW-116	80	2	15	94.541	26.460.000		
		90			96.951	27.930.000		
		94			97.819	28.518.000		
	2MW-127	89			104.400	27.783.000		
		114			109.146	31.458.000		
SG	SG2.2-122	108	2,2	14	103.412	31.753.568		
		127			106.476	34.621.048		
Vestas	V126-3,45	87	3,45	9	84.530	31.098.438		
		117			90.502	37.184.238		
	V126-3,5	132			3,5	9	99.815	38.587.500
	V150-4,2	133			4,2	7	95.463	37.369.164

Tabla 44. Datos de partida por aerogenerador posible a disponer en la Zona 14 para ambos precios de la electricidad (1/2) (Fuente: propia)

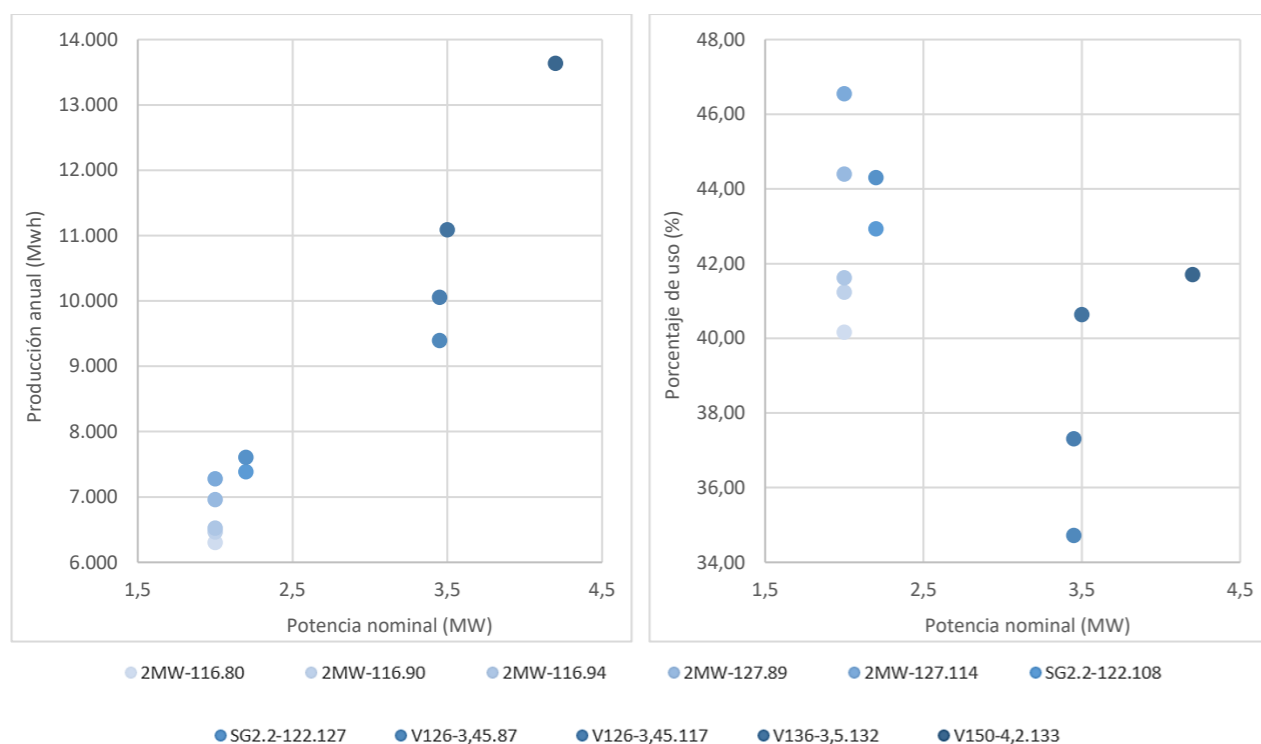


Gráfico 40. Relación producción anual y factor de uso junto con la potencia nominal de cada modelo de aerogenerador de la Zona 14 (Fuente: propia)

Modelo aerogenerador		Ingresos		Gastos de explotación		
		46,18 €/MWh	148,82 €/MWh	46,18 €/MWh	148,82 €/MWh	
GE	2MW-116	80	4.366.322,74	218.316,14	14.069.637,34	703.481,87
		90	4.477.621,16	223.881,06	14.428.275,13	721.413,76
		94	4.517.719,85	225.885,99	14.557.485,45	727.874,27
	2MW-127	89	4.821.656,37	241.082,82	15.536.862,60	776.843,13
		114	5.040.828,83	252.041,44	16.243.103,78	812.155,19
SG	SG2.2-122	108	4.776.007,98	238.800,40	15.389.769,40	769.488,47
		127	4.917.501,41	245.875,07	15.845.704,84	792.285,24
Vestas	V126-3,45	87	3.903.977,59	195.198,88	12.579.818,79	628.990,94
		117	4.179.764,72	208.988,24	13.468.489,91	673.424,50
	V126-3,5	132	4.609.881,65	230.494,08	14.854.459,18	742.722,96
	V150-4,2	133	4.408.893,19	220.444,66	14.206.812,43	710.340,62

Tabla 45. Datos de partida por aerogenerador posible a disponer en la Zona 14 para ambos precios de la electricidad (2/2) (Fuente: propia)

El flujo de caja obtenido para cada aerogenerador permite estimar la amortización y la rentabilidad de cada uno de ellos, detallándose únicamente para el modelo 2MW-116 con una altura de buje de 80 metros. En la *Tabla 46* para el menor precio de la electricidad empleado junto para el mayor precio de la electricidad sobre la *Tabla 47*. En el *apéndice 4* se detalla el flujo de caja estimado para el resto de los modelos de aerogeneradores posibles a disponer sobre este emplazamiento.

2MW-116.80						
Año	Inversión (€)	Gastos de explotación (€)	Ingresos (€)	Flujo de caja neto sin tasa de descuento (€)	Flujo de caja neto con 10% tasa de descuento (€)	Flujo de caja neto acumulado con 10% tasa de descuento (€)
1	-26.460.000	-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	3.770.915,10	-22.689.084,90
2		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	3.428.104,63	-19.260.980,27
3		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	3.116.458,76	-16.144.521,51
4		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	2.833.144,33	-13.311.377,18
5		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	2.575.585,75	-10.735.791,43
6		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	2.341.441,59	-8.394.349,84
7		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	2.128.583,27	-6.265.766,58
8		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	1.935.075,70	-4.330.690,88
9		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	1.759.159,72	-2.571.531,16
10		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	1.599.236,11	-972.295,04
11		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	1.453.851,01	481.555,97
12		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	1.321.682,74	1.803.238,70
13		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	1.201.529,76	3.004.768,46
14		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	1.092.299,78	4.097.068,25
15		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	992.999,80	5.090.068,05
16		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	902.727,09	5.992.795,14
17		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	820.660,99	6.813.456,14
18		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	746.055,45	7.559.511,59
19		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	678.232,23	8.237.743,81
20		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	616.574,75	8.854.318,56
21		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	560.522,50	9.414.841,07
22		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	509.565,91	9.924.406,98
23		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	463.241,74	10.387.648,71
24		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	421.128,85	10.808.777,56
25		-218.316,14	4.366.322,74	4.148.006,61	382.844,41	11.191.621,97

Tabla 46. Flujo de caja para el menor precio de la electricidad del modelo 2MW-116.80, Zona 14 (Fuente: propia)

2MW-116.80						
Año	Inversión (€)	Gastos de explotación (€)	Ingresos (€)	Flujo de caja neto sin tasa de descuento (€)	Flujo de caja neto con 10% tasa de descuento (€)	Flujo de caja neto acumulado con 10% tasa de descuento (€)
1	-26.460.000	-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	12.151.050,43	-14.308.949,57
2		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	11.046.409,48	-3.262.540,09
3		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	10.042.190,44	6.779.650,35
4		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	9.129.264,04	15.908.914,39
5		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	8.299.330,94	24.208.245,33
6		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	7.544.846,31	31.753.091,64
7		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	6.858.951,19	38.612.042,83
8		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	6.235.410,17	44.847.453,01
9		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	5.668.554,70	50.516.007,71
10		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	5.153.231,55	55.669.239,26
11		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	4.684.755,95	60.353.995,21
12		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	4.258.869,05	64.612.864,26
13		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	3.871.699,14	68.484.563,40
14		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	3.519.726,49	72.004.289,88
15		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	3.199.751,35	75.204.041,23
16		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	2.908.864,86	78.112.906,10
17		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	2.644.422,60	80.757.328,70
18		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	2.404.020,55	83.161.349,25
19		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	2.185.473,23	85.346.822,48
20		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	1.986.793,84	87.333.616,32
21		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	1.806.176,22	89.139.792,54
22		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	1.641.978,38	90.781.770,92
23		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	1.492.707,62	92.274.478,55
24		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	1.357.006,93	93.631.485,47
25		-703.481,87	14.069.637,34	13.366.155,47	1.233.642,66	94.865.128,13

Tabla 47. Flujo de caja para el mayor precio de la electricidad del modelo 2MW-116.80, Zona 14 (Fuente: propia)

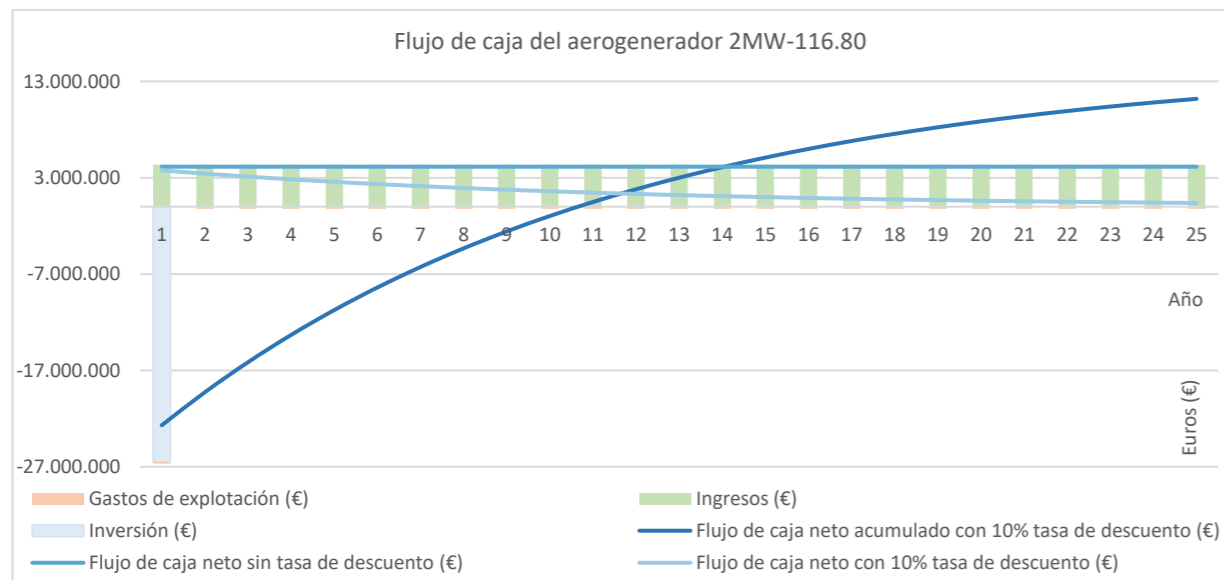


Gráfico 41. Flujo de caja para el menor precio de la electricidad del modelo 2MW-116.80, Zona 14 (Fuente: propia)

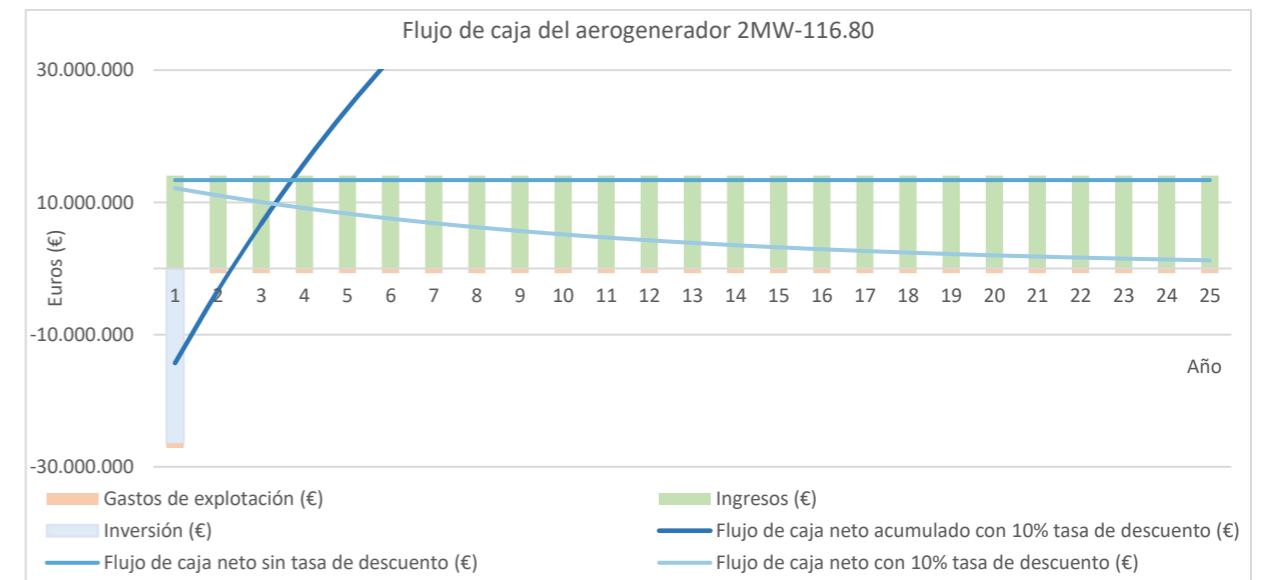


Gráfico 42. Flujo de caja para el mayor precio de la electricidad del modelo 2MW-116.8, Zona 14 (Fuente: propia)



Año	GE Renewable Energy					SIEMENS Gamesa		Vestas				
	2MW-116			2MW-127		SG2.2-122		V126-3,45		V136-3,5	V150-4,2	
	80	90	94	89	114	108	127	87	117	132	133	
1	-22.689.084,90	-24.062.964	-24.616.333	-23.618.842	-27.104.557	-27.628.834	-30.374.115	-27.726.821	-33.574.441	-34.606.239	-33.561.484	
2	-19.260.980,27	-20.547.475,86	-21.069.362,73	-19.833.244,25	-23.146.881,40	-23.879.075,51	-26.513.266,75	-24.661.714,61	-30.292.807,73	-30.986.910,01	-30.099.955,81	
3	-16.144.521,51	-17.351.577,96	-17.844.844,44	-16.391.791,54	-19.548.994,56	-20.470.204,30	-23.003.404,74	-21.875.254,27	-27.309.504,59	-27.696.611,31	-26.953.112,44	
4	-13.311.377,18	-14.446.216,24	-14.913.464,17	-13.263.198,17	-16.278.188,34	-17.371.230,48	-19.812.621,09	-19.342.108,51	-24.597.410,82	-24.705.430,68	-24.092.345,74	
5	-10.735.791,43	-11.804.978,30	-12.248.573,01	-10.419.022,38	-13.304.728,14	-14.553.981,55	-16.911.908,69	-17.039.248,72	-22.131.871,03	-21.986.175,56	-21.491.648,73	
6	-8.394.349,84	-9.403.852,91	-9.825.944,69	-7.833.408,02	-10.601.582,50	-11.992.846,15	-14.274.897,41	-14.945.739,83	-19.890.471,22	-19.514.125,45	-19.127.378,73	
7	-6.265.766,58	-7.221.011,65	-7.623.555,30	-5.482.849,51	-8.144.177,38	-9.664.541,25	-11.877.614,43	-13.042.549,92	-17.852.835,03	-17.266.807,17	-16.978.042,37	
8	-4.330.690,88	-5.236.610,50	-5.621.383,14	-3.345.978,15	-5.910.172,72	-7.547.900,43	-9.698.266,26	-11.312.377,28	-16.000.438,49	-15.223.790,55	-15.024.100,22	
9	-2.571.531,16	-3.432.609,45	-3.801.226,62	-1.403.367,81	-3.879.259,40	-5.623.681,50	-7.717.040,66	-9.739.493,06	-14.316.441,64	-13.366.502,71	-13.247.789,17	
10	-972.295,04	-1.792.608,50	-2.146.538,88	362.641,58	-2.032.974,55	-3.874.391,57	-5.915.926,48	-8.309.598,32	-12.785.535,41	-11.678.059,22	-11.632.960,95	
11	481.555,97	-301.698,54	-642.277,30	1.968.104,67	-354.533,79	-2.284.127,99	-4.278.549,94	-7.009.694,01	-11.393.802,48	-10.143.110,60	-10.164.935,29	
12	1.803.238,70	1.053.674,14	725.233,23	3.427.616,57	1.171.321,45	-838.433,83	-2.790.025,82	-5.827.962,81	-10.128.590,72	-8.747.702,76	-8.830.366,51	
13	3.004.768,46	2.285.831,13	1.968.424,63	4.754.445,57	2.558.462,58	475.833,59	-1.436.822,08	-4.753.661,73	-8.978.398,21	-7.479.150,18	-7.617.122,17	
14	4.097.068,25	3.405.973,85	3.098.598,62	5.960.653,75	3.819.499,97	1.670.622,15	-206.636,85	-3.777.024,38	-7.932.768,66	-6.325.920,55	-6.514.172,76	
15	5.090.068,05	4.424.285,41	4.126.029,52	7.057.206,64	4.965.897,59	2.756.793,57	911.713,35	-2.889.172,24	-6.982.196,34	-5.277.529,99	-5.511.491,49	
16	5.992.795,14	5.350.023,19	5.060.057,61	8.054.072,90	6.008.077,25	3.744.222,14	1.928.395,35	-2.082.033,93	-6.118.039,68	-4.324.447,66	-4.599.963,05	
17	6.813.456,14	6.191.602,99	5.909.174,06	8.960.314,96	6.955.513,31	4.641.884,47	2.852.651,72	-1.348.271,84	-5.332.442,72	-3.458.009,18	-3.771.300,84	
18	7.559.511,59	6.956.675,54	6.681.098,10	9.784.171,37	7.816.818,81	5.457.941,13	3.692.884,78	-681.215,39	-4.618.263,67	-2.670.337,83	-3.017.971,56	
19	8.237.743,81	7.652.196,04	7.382.847,23	10.533.131,75	8.599.823,82	6.199.810,83	4.456.733,01	-74.800,43	-3.969.009,98	-1.954.272,97	-2.333.126,75	
20	8.854.318,56	8.284.487,40	8.020.800,99	11.214.004,82	9.311.646,55	6.874.237,82	5.151.140,50	476.485,89	-3.378.779,36	-1.303.304,91	-1.710.540,57	
21	9.414.841,07	8.859.297,72	8.600.758,95	11.832.980,34	9.958.758,12	7.487.353,27	5.782.420,04	977.655,28	-2.842.206,07	-711.515,77	-1.144.553,13	
22	9.924.406,98	9.381.852,57	9.127.993,46	12.395.685,36	10.547.041,37	8.044.730,95	6.356.310,52	1.433.263,81	-2.354.412,16	-173.525,64	-630.019,09	
23	10.387.648,71	9.856.902,43	9.607.297,55	12.907.235,38	11.081.844,32	8.551.437,94	6.878.029,14	1.847.453,39	-1.910.963,16	315.556,30	-162.260,87	
24	10.808.777,56	10.288.765,93	10.043.028,55	13.372.280,85	11.568.028,83	9.012.080,65	7.352.318,80	2.223.989,36	-1.507.827,70	760.176,24	262.973,87	
25	11.191.621,97	10.681.369,12	10.439.147,64	13.795.049,46	12.010.014,74	9.430.846,75	7.783.491,22	2.566.294,80	-1.141.340,92	1.164.376,18	649.550,91	
1	-14.308.949,57	-15.469.217	-15.945.626	-14.364.800	-17.429.865	-18.462.404	-20.936.121	-20.234.049	-25.552.360	-25.758.649	-25.099.644	
2	-3.262.540,09	-4.141.232,33	-4.516.195,47	-2.166.437,29	-4.677.014,84	-6.379.526,72	-8.495.278,45	-10.357.331,81	-14.977.926,13	-14.096.056,98	-13.945.535,25	
3	6.779.650,35	6.156.935,49	5.874.196,10	8.922.983,80	6.916.485,24	4.604.906,74	2.814.578,49	-1.378.497,96	-5.364.804,10	-3.493.700,69	-3.805.436,22	
4	15.908.914,39	15.518.906,24	15.320.006,62	19.004.275,70	17.456.030,75	14.590.755,34	13.096.266,63	6.784.078,26	3.374.397,74	6.144.805,03	5.412.835,62	
5	24.208.245,33	24.029.788,74	23.907.107,09	28.169.086,52	27.037.435,77	23.668.799,51	22.443.255,84	14.204.602,11	11.319.126,68	14.907.082,95	13.793.082,75	
6	31.753.091,64	31.766.954,64	31.713.562,07	36.500.732,72	35.747.803,97	31.921.566,95	30.940.518,76	20.950.532,87	18.541.607,54	22.872.790,15	21.411.489,23	
7	38.612.042,83	38.800.741,83	38.810.339,32	44.074.956,53	43.666.320,51	39.424.082,80	38.665.303,23	27.083.197,20	25.107.499,23	30.114.342,16	28.337.313,31	
8	44.847.453,01	45.195.093,82	45.261.955,00	50.960.614,55	50.864.971,92	46.244.551,75	45.687.834,57	32.658.346,59	31.076.491,68	36.697.571,25	34.633.517,01	
9	50.516.007,71	51.008.141,08	51.127.060,16	57.220.303,65	57.409.200,46	52.444.978,08	52.071.953,97	37.726.664,22	36.502.848,45	42.682.324,97	40.357.338,56	
10	55.669.239,26	56.292.729,50	56.458.973,95	62.910.930,11	63.358.499,14	58.081.729,28	57.875.698,88	42.334.225,71	41.435.900,05	48.123.010,17	45.560.812,70	
11	60.353.995,21	61.096.900,80	61.306.168,30	68.084.226,89	68.766.952,49	63.206.048,55	63.151.830,61	46.522.917,96	45.920.492,42	53.069.087,63	50.291.243,73	
12	64.612.864,26	65.464.329,24	65.712.708,62	72.787.223,96	73.683.728,26	67.864.520,62	67.948.314,01	50.330.820,01	49.997.394,58	57.565.521,68	54.591.635,57	
13	68.484.563,40	69.434.718,74	69.718.654,36	77.062.675,84	78.153.524,41	72.099.495,23	72.308.753,46	53.792.549,15	53.703.669,27	61.653.189,00	58.501.082,71	
14	72.004.289,88	73.044.163,74	73.360.423,22	80.949.450,28	82.216.975,46	75.949.472,14	76.272.789,32	56.939.575,64	57.073.009,89	65.369.250,20	62.055.125,56	
15	75.204.041,23	76.325.477,37	76.671.122,19	84.482.881,59	85.911.021,87	79.449.451,16	79.876.458,29	59.800.508,81	60.136.046,82	68.747.487,65	65.286.073,60	
16	78.112.906,10	79.308.489,77	79.680.848,52	87.695.091,88	89.269.245,87	82.631.250,26	83.152.520,98	62.401.357,15	62.920.625,85	71.818.612,61	68.223.299,10	
17	80.757.328,70	82.020.319,22	82.416.963,36	90.615.283,04	92.322.176,79	85.523.794,90	86.130.759,80	64.765.764,73	65.452.061,33	74.610.544,39	70.893.504,09	
18	83.161.349,25	84.485.618,72	84.904.340,49	93.270.002,28	95.097.568,53	88.153.380,94	88.838.249,63	66.915.226,16	67.753.366,31	77.148.664,19	73.320.963,18	
19	85.346.822,48	86.726.800,08	87.165.592,43	95.683.383,41	97.620.651,93	90.543.913,70	91.299.604,02	68.869.282,01	69.845.461,75	79.456.045,83	75.527.744,17	
20	87.333.616,32	88.764.237,68	89.221.276,01	97.877.366,25	99.914.364,12	92.717.125,30	93.537.198,93	70.645.696,42	71.747.366,69	81.553.665,49	77.533.908,70	
21	89.139.792,54	90.616.453,68	91.090.079,27	99.871.896,11	101.999.557,01	94.692.772,21	95.571.376,11	72.260.618,61	73.476.371,19	83.460.592,47	79.357.694,64	
22	90.781.770,92	92.300.286,41	92.788.991,32	101.685.105,07	103.895.186,91	96.488.814,85	97.420.628,10	73.728.729,70	75.048.193,46	85.194.162,44	81.015.681,86	
23	92.274.478,55	93.831.043,44	94.333.456,82	103.333.476,86	105.618.486,82	98.121.580,89	99.101.766,27	75.063.376,13	76.477.122,79	86.770.135,15	82.522.942,97	
24	93.631.485,47	95.222.640,74	95.737.516,36	104.831.996,66	107.185.123,11	99.605.913,66	100.630.073,69	76.276.691,08	77.776.149,46	88.202.837,60	83.893.180,34	
25	94.865.128,13	96.487.729,19	97.013.934,13	106.194.287,39	108.609.337,91	100.955.307,08	102.019.444,08	77.379.704,66	78.957.082,79	89.505.294,38	85.138.850,68	

Tabla 48. Flujo de caja neto acumulado con tasa de descuento para ambos precios de la electricidad (superior con 46,18€/MWh e inferior con 148,82€/MWh) y para todos los modelos de aerogeneradores de la Zona 14 (Fuente: propia)

Año	GE Renewable Energy					SIEMENS Gamesa RENEWABLE ENERGY		Vestas			
	2MW-116			2MW-127		SG2.2-122		V126-3,45		V136-3,5	V150-4,2
	80	90	94	89	114	108	127	87	117	132	133
0	77.240.165,19	78.413.502,52	78.777.846,34	86.731.338,85	88.261.684,64	81.676.621,44	82.169.610,44	61.621.029,82	62.085.174,17	70.897.189,13	67.342.049,21
1	64.892.195,37	65.750.780,55	66.001.725,20	73.095.684,58	74.006.210,21	68.170.060,93	68.262.906,21	50.580.573,05	50.264.790,82	57.860.434,22	54.873.690,08
2	54.523.426,46	55.117.709,71	55.273.431,44	61.645.628,40	62.035.682,08	56.828.406,65	56.585.245,47	41.309.741,77	40.339.043,91	46.913.282,51	44.403.828,53
3	45.769.851,68	46.141.004,62	46.216.336,76	51.979.203,81	51.929.862,01	47.253.497,65	46.726.671,38	33.483.073,48	31.959.479,42	37.671.422,47	35.564.908,82
4	38.340.490,83	38.522.267,92	38.529.371,57	43.775.086,25	43.352.819,37	39.127.051,50	38.359.472,11	26.840.399,55	24.847.549,72	29.827.642,65	28.063.113,75
5	32.001.775,19	32.021.977,18	31.970.868,42	36.775.349,75	36.034.903,95	32.193.584,08	31.220.594,64	21.172.883,59	18.779.665,69	23.135.345,58	21.662.597,37
6	26.565.445,81	26.447.074,71	26.346.040,72	30.772.103,15	29.758.774,72	26.247.172,43	25.098.015,31	16.312.201,20	13.575.612,06	17.395.771,00	16.173.265,29
7	21.879.140,03	21.641.314,08	21.497.242,80	25.597.094,91	24.348.532,12	21.121.157,90	19.820.138,10	12.122.123,22	9.089.536,07	12.448.057,26	11.441.269,31
8	17.819.042,17	17.477.723,54	17.296.365,83	21.113.597,50	19.661.233,56	16.680.107,41	15.247.517,59	8.491.944,69	5.202.912,29	8.161.482,10	7.341.586,62
9	14.284.125,11	13.852.700,76	13.638.879,68	17.210.048,37	15.580.245,31	12.813.514,61	11.266.373,59	5.331.336,14	1.819.030,14	4.429.382,98	3.772.205,09
10	11.191.621,97	10.681.369,12	10.439.147,64	13.795.049,46	12.010.014,74	9.430.846,75	7.783.491,22	2.566.294,80	-1.141.340,92	1.164.376,18	649.550,91
11	8.473.452,52	7.893.913,00	7.626.728,86	10.793.420,89	8.871.944,62	6.457.635,71	4.722.196,19	135.949,34	-3.743.372,31	-1.705.416,14	-2.095.119,95
12	6.073.392,86	5.432.675,36	5.143.449,96	8.143.075,60	6.101.125,64	3.832.382,21	2.019.167,25	-2.009.970,62	-6.040.885,63	-4.239.354,10	-4.518.579,53
13	3.944.826,12	3.249.851,04	2.941.077,68	5.792.535,34	3.643.739,60	1.504.095,39	-378.097,12	-3.913.145,75	-8.078.506,00	-6.486.654,93	-6.667.899,20
14	2.048.948,42	1.305.647,05	979.462,65	3.698.949,66	1.454.988,21	-569.669,55	-2.513.299,17	-5.608.271,03	-9.893.379,34	-8.488.287,04	-8.582.261,19
15	353.333,12	-433.189,82	-774.946,12	1.826.510,35	-502.564,40	-2.424.381,79	-4.422.958,88	-7.124.339,48	-11.516.546,80	-10.278.485,88	-10.294.408,28
16	-1.169.222,21	-1.994.555,38	-2.350.294,26	145.178,24	-2.260.322,87	-4.089.796,10	-6.137.712,56	-8.485.673,08	-12.974.048,56	-11.885.971,23	-11.831.808,10
17	-2.541.624,89	-3.401.940,87	-3.770.283,39	-1.370.342,83	-3.844.733,24	-5.590.969,18	-7.683.359,21	-9.712.753,54	-14.287.813,17	-13.334.928,24	-13.217.591,33
18	-3.783.238,42	-4.675.203,37	-5.054.948,41	-2.741.435,66	-5.278.150,24	-6.949.081,37	-9.081.706,66	-10.822.893,97	-15.476.376,81	-14.645.800,51	-14.471.310,25
19	-4.910.491,94	-5.831.190,80	-6.221.288,11	-3.986.242,65	-6.579.540,99	-8.182.103,31	-10.351.257,97	-11.830.783,84	-16.555.466,64	-15.835.933,63	-15.609.554,18
20	-5.937.376,35	-6.884.250,69	-7.283.778,53	-5.120.213,74	-7.765.057,69	-9.305.338,68	-11.507.770,17	-12.748.932,58	-17.538.475,79	-16.920.098,93	-16.646.450,43
21	-6.875.849,52	-7.846.645,73	-8.254.792,16	-6.156.553,79	-8.848.505,45	-10.331.867,32	-12.564.710,62	-13.588.031,85	-18.436.851,22	-17.910.921,30	-17.594.073,45
22	-7.736.168,28	-8.728.894,17	-9.144.941,45	-7.106.589,25	-9.841.725,57	-11.272.908,44	-13.533.630,91	-14.357.252,39	-19.260.411,50	-18.819.229,70	-18.462.780,08
23	-8.527.161,34	-9.540.049,80	-9.963.361,27	-7.980.069,51	-10.754.910,61	-12.138.119,15	-14.424.474,24	-15.064.488,06	-20.017.608,14	-19.654.345,34	-19.261.485,11
24	-9.256.454,42	-10.287.932,71	-10.717.941,73	-8.785.415,53	-11.596.864,31	-12.935.840,66	-15.245.828,95	-15.716.557,09	-20.715.741,02	-20.424.319,29	-19.997.888,59
25	-9.930.656,47	-10.979.320,30	-11.415.520,94	-9.529.925,45	-12.375.216,57	-13.673.302,03	-16.005.138,27	-16.319.368,63	-21.361.136,73	-21.136.129,17	-20.678.663,93
TIR	15,23 %	14,75 %	14,56 %	16,10 %	14,80 %	13,73 %	12,84 %	11,06 %	9,37 %	10,41 %	10,24 %
0	307.693.886,87	314.741.534,28	317.222.279,53	341.217.486,72	354.315.714,86	333.753.455,25	341.714.441,89	267.672.258,30	282.692.397,33	314.205.905,47	300.042.631,12
1	267.904.923,14	273.938.342,15	276.053.680,32	297.279.206,91	308.380.183,50	290.231.155,31	296.902.755,58	232.096.504,54	244.603.479,80	272.197.463,95	259.865.735,97
2	234.493.554,63	239.675.311,37	241.483.811,94	260.383.597,65	269.807.453,23	253.684.850,37	259.273.734,25	202.223.029,39	212.619.664,67	236.922.367,83	226.128.615,83
3	206.286.839,35	210.749.601,44	212.299.062,01	229.235.398,94	237.243.386,89	222.831.543,12	227.506.370,68	177.003.092,42	185.618.125,76	207.142.246,96	197.646.892,85
4	182.347.149,37	186.199.684,12	187.529.291,46	202.799.204,11	209.605.512,55	196.645.629,48	200.544.676,35	155.598.350,10	162.701.296,77	181.867.171,35	173.473.797,49
5	161.921.854,32	165.253.744,34	166.395.773,36	180.243.896,19	186.024.934,09	174.303.860,97	177.541.013,31	137.335.867,27	143.148.704,65	160.302.528,00	152.849.361,46
6	144.404.325,90	147.289.690,72	148.270.845,26	160.899.585,77	165.801.311,74	155.142.690,26	157.812.176,09	121.673.250,82	126.379.640,25	141.807.850,10	135.161.041,96
7	129.303.604,60	131.804.049,10	132.646.524,22	144.224.114,59	148.367.842,97	138.625.091,91	140.805.229,37	108.171.528,42	111.924.121,07	125.864.791,81	119.913.092,79
8	116.220.718,19	118.387.677,39	119.110.004,13	129.776.904,37	133.263.922,62	124.314.658,74	126.070.837,06	96.473.974,59	99.400.221,61	112.052.125,77	106.702.651,85
9	104.830.126,16	106.706.736,95	107.324.456,73	117.198.466,20	120.113.720,95	111.855.305,28	113.242.364,30	86.289.519,92	88.496.310,57	100.026.152,37	95.201.004,69
10	94.865.128,13	96.487.729,19	97.013.934,13	106.194.287,39	108.609.337,91	100.955.307,08	102.019.444,08	77.379.704,66	78.957.082,79	89.505.294,38	85.138.850,68
11	86.106.348,56	87.505.686,62	87.951.454,18	96.522.115,21	98.497.509,00	91.374.704,92	92.155.008,16	69.548.382,70	70.572.535,88	80.257.939,21	76.294.675,41
12	78.372.616,78	79.574.820,52	79.949.564,36	87.981.885,99	89.569.076,46	82.915.329,19	83.445.016,00	62.633.567,35	63.169.239,98	72.092.810,28	68.485.541,89
13	71.513.718,85	72.541.087,95	72.852.842,22	80.407.720,99	81.650.621,40	75.412.871,60	75.720.291,51	56.500.950,64	56.603.399,28	64.851.314,50	61.559.771,59
14	65.404.616,69	66.276.263,60	66.531.914,14	73.661.542,78	74.597.789,98	68.730.561,94	68.840.012,56	51.038.734,64	50.755.318,14	58.401.439,05	55.391.107,38
15	59.940.821,69	60.673.195,39	60.878.668,47	67.627.966,35	68.289.952,24	62.754.107,60	62.686.500,51	46.153.494,93	45.524.972,39	52.632.866,77	49.874.041,87
16	55.034.679,24	55.641.994,43	55.802.411,31	62.210.196,21	62.625.912,80	57.387.629,49	57.161.035,77	41.766.858,56	40.828.452,62	47.453.053,61	44.920.065,90
17	50.612.374,90	51.106.964,69	51.226.768,77	57.326.720,31	57.520.454,38	52.550.387,25	52.180.485,98	37.812.827,20	36.595.098,20	42.784.067,64	40.454.645,30
18	46.611.513,52	47.004.120,57	47.087.182,23	52.908.636,74	52.901.543,10	48.174.131,30	47.674.579,60	34.235.612,66	32.765.179,92	38.560.033,25	36.414.776,62
19	42.979.155,33	43.279.172,88	43.328.876,30	48.897.485,02	48.708.061,10	44.200.954,63	43.583.694,09	30.987.880,92	29.288.019,97	34.725.057,62	32.747.003,95
20	39.670.217,33	39.885.889,40	39.905.204,77	45.243.480,74	44.887.960,97	40.581.544,16	39.857.055,40	28.029.322,76	26.120.461,56	31.231.542,94	29.405.804,72
21	36.646.167,59	36.784.756,05	36.776.299,66	41.904.073,74	41.396.758,42	37.273.752,56	36.451.267,57	25.325.486,34	23.225.619,11	28.038.807,95	26.352.271,32
22	33.873.955,45	33.941.879,69	33.907.964,33	38.842.766,76	38.196.297,14	34.241.428,09	33.329.107,83	22.846.820,73	20.571.854,10	25.111.958,38	23.553.030,88
23	31.325.132,07	31.328.086,30	31.270.763,50	36.028.144,20	35.253.733,54	31.453.452,60	30.458.536,11	20.567.889,47	18.131.933,22	22.420.958,47	20.979.357,17
24	28.975.125,04	28.918.177,13	28.839.272,74	33.433.071,17	32.540.699,28	28.882.948,08	27.811.878,14	18.466.722,12	15.882.333,94	19.939.865,12	18.606.438,22
25	26.802.638,27	26.690.313,25	26.591.457,55	31.034.030,77	30.032.608,48	26.506.620,28	25.365.149,54	16.524.277,60	13.802.670,09	17.646.194,35	16.412.770,30
TIR	53,17 %	51,66 %	51,05 %	55,92 %	51,63 %	48,47 %	45,77 %	40,45 %	36,22 %	38,50 %	38,02 %

Tabla 49. Valor Actual Neto (VAN) según tasa de descuento y Tasa Interna de Retorno (TIR) para ambos precios de la electricidad, Zona 14

El flujo neto acumulado estimado de cada modelo de aerogenerador se recoge en la *Tabla 48* y se atiende a ambos precios de la electricidad establecidos. Se identifica el modelo V150-4,2 con una altura de buje de 133 metros como aquel que obtendrá la mayor amortización y rentabilidad durante los años analizados al estimarse una amortización entre uno y seis años junto con una rentabilidad transcurridos los años de vida útil entre 13.960.694,91€ y 98.449.994,68€.

El **Valor Actual Neto (VAN)** se obtiene para cada tasa de descuento y a partir de los valores obtenidos puede determinarse la **Tasa Interna de Retorno (TIR)** de cada uno de los modelos de aerogeneradores analizados, encontrándose detallados dichos valores en la *Tabla 49*.

Atendiendo a los valores obtenidos con ambos precios de la electricidad el aerogenerador 2MW-127 con una altura de buje de 89 metros perteneciente a la casa comercial GE Renewable Energy permitiría la mayor rentabilidad. Estimándose para el primer precio un VAN de 145.178,24 euros con una tasa de descuento del 16% correspondiéndose con una TIR del 16,10%. Para el mayor precio de la electricidad se estima la mayor rentabilidad anual correspondiente al 55,92%.

Por último, los valores obtenidos del flujo de caja neto acumulado con una tasa de descuento del 10%, indicados en la *Tabla 48* para cada uno de los modelos posibles, permiten identificar el plazo de recuperación de dicha inversión durante la vida útil de los aerogeneradores correspondiéndose con el **PayBack**, el último concepto económico de este análisis.

Tras evaluar el plazo de recuperación para cada precio de la electricidad establecidos puede identificarse de nuevo el mismo modelo de aerogenerador perteneciente a la casa comercial GE Renewable Energy como aquel más favorable al presentar un plazo de recuperación prácticamente entre dos y diez años aproximadamente como puede identificarse en la siguiente *Tabla 50*.

Atendidos los conceptos que conforman este análisis económico puede identificarse como de la casa comercial Vestas el modelo 2MW-127 con una altura de buje de 89 metros permitirá obtener la mayor rentabilidad.

La elección del modelo de aerogenerador a disponer en este emplazamiento atenderá a lo concluido en cada uno de los análisis realizados.

En un primer lugar, tras realizar el **Análisis técnico** fueron identificados idóneos dos modelos de aerogeneradores a disponer en este emplazamiento. El modelo V150-4,2 con 133 metros de altura de buje permitirá alcanzar la mayor producción anual, sin embargo, tras atender la relación del factor de uso con la producción nominal puede verificarse como el modelo 2MW-127 de 114 metros de altura de buje presenta una mayor relación.

El modelo **2MW-127 con 89 metros** de altura permitirá la mayor rentabilidad atendiendo a los años de vida útil el cual no coincide con los dos modelos idóneos preseleccionados con anterioridad. Sin embargo, atendiendo a los valores obtenidos en el análisis técnico puede comprobarse como dicho modelo también permitirá un adecuado aprovechamiento del recurso eólico de este emplazamiento al no encontrarse muy alejado de dos modelos comentados anteriormente, por lo tanto, , queda justificado que dicho modelo sea empleado para realizar el diseño del parque eólico en la Zona 4 tras atender estos criterios

		Años	Años	
			46,18 €/MWh	148,82 €/MWh
	2MW-116	80	10,67	2,32
		90	11,22	2,40
		94	11,47	2,43
	2MW-127	89	9,79	2,20
		114	11,23	2,40
	SG2.2-122	108	12,64	2,58
		127	14,18	2,75
	V126-3,45	87	19,14	3,17
		117	+ 25	3,61
	V136-3,5	132	21,39	3,36
	V150-4,2	133	23,38	3,41

*Tabla 50. PayBack para ambos precios de la electricidad durante la vida útil de cada modelo de aerogenerador, Zona 4 (Fuente: propia)*

## CÁLCULO DEL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO

Sobre los tres emplazamientos posibles debe establecerse la disposición en planta de los aerogeneradores que conformarían cada parque eólico con el objetivo de determinar finalmente el número total de aerogeneradores y con ello la potencia instalada de cada uno de los parques eólicos. Del mismo modo, se analizará el impacto visual que implicaría la ejecución de cada parque eólico sobre su entorno.

Para finalizar, se estimará con mayor exactitud la producción anual de cada parque eólico a partir de la producción de cada uno de los aerogeneradores que conforman cada uno de ellos.

### 10. Disposición en planta de los aerogeneradores

El máximo rendimiento del recurso eólico se obtendrá con la disposición de los aerogeneradores en la perpendicular de la dirección principal del viento, identificándose cada una de ellas en el **Criterio energético** para cada emplazamiento posible. A partir del control de orientación de la góndola los aerogeneradores se dispondrán en la dirección correcta, por lo que, no siendo condición fundamental que los viales estén en la dirección perpendicular del viento pero si muy recomendable. El trazado de caminos rurales o viales pecuarias ya existentes podrán emplearse con mayor posibilidad.

Como se indicó en el apartado 6. **Características de los posibles emplazamientos** la separación entre aerogeneradores es indispensable para evitar pérdidas por sombras entre alineaciones y en turbinas de una misma alineación, por este motivo, es necesario determinar la distancia mínima entre los mismos a partir de las características técnicas de cada modelo escogido para cada emplazamiento.

El modelo de aerogenerador a disponer en cada uno de los emplazamientos posibles ha sido determinado a partir de lo desarrollado en el apartado **Elección del aerogenerador óptimo** correspondiéndose el modelo **2MW-127** con una altura de buje de **89 metros**, perteneciente a la casa comercial GE Renewable Energy, el más idóneo a disponer en los tres emplazamientos posibles. Sus características técnicas se detallan a continuación al ser primordiales para un correcto diseño de los viales del parque eólico.



<b>2MW - 127</b>	
Diámetro rotor (m)	127
Altura buje (m)	89
Área de barrido (m <sup>2</sup> )	12.668
Longitud palas (m)	62,2

Atendiendo a las recomendaciones debe verificarse una distancia mínima entre aerogeneradores de una misma fila entre con 2 a 4 veces el diámetro del rotor orientados en perpendicular a la dirección predominante de los vientos, del mismo modo, la distancia mínima entre filas de aerogeneradores debe ser entre 5 y 9 veces el diámetro del rotor.

Para reducir lo máximo posible las pérdidas entre aerogeneradores y aprovechar el espacio disponible en cada uno de los emplazamientos se establece una separación entre aerogeneradores de una misma fila de tres veces el diámetro del rotor (381 m) y de siete veces para la separación entre filas (889 m).

Las distancias mínimas podrán reducirse dentro de lo recomendado en función de las características orográficas de cada una de las zonas analizadas en el apartado 12. **Condicionantes** para cada una de ellas. Incluso podrá reducirse dicha distancia en caso de que no se pueda alcanzar la potencia mínima a instalar en el parque, es decir, emplazar el número mínimo de aerogeneradores en cada emplazamiento posible. En cualquier caso, se evitarán las pérdidas que se puedan producir.

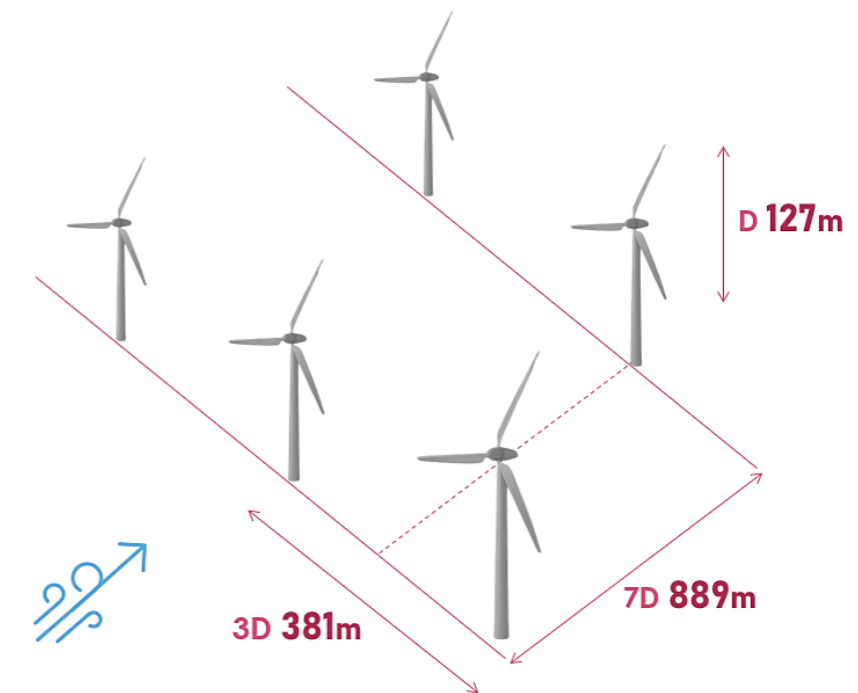


Figura 82. Distancia entre aerogeneradores

### 10.1. Zona 4 – Coves de Vinromà

La orografía de esta zona condiciona que los aerogeneradores sean dispuestos en las diferentes cimas de las cumbres montañosas que la conforman o en los puntos de mayor elevación, lo cual establece que se requiera gran atención a posibles barreras de viento que puedan producirse entre cimas.

Finalmente, atendiendo a los distintos factores para determinar la ubicación y el número de aerogeneradores a disponer sobre esta zona se establecen un total de diecisiete repartidos en cuatro hileras. La separación entre aerogeneradores de una misma fila junto con la separación entre filas de aerogeneradores se ha reducido casi en cero y medio en cada caso (317 m y 826 m) con el objetivo de poder establecer un mayor número de aerogeneradores atendiendo a la extensión disponible y las características que la definen. Destacar la distancia entre la segunda y tercera hilera debido a corresponderse por la mínima posible (635 m) pues permite la colocación de dos aerogeneradores más y con ello una mayor potencia instalada.

Hilera 1		
Aerogenerador	Coordenadas en metros	
	X	Y
1	257.764,88	4.469.815,10
2	257.548,79	4.469.620,98
3	257.240,63	4.469.387,32

Hilera 2		
Aerogenerador	Coordenadas en metros	
	X	Y
1	258.461,03	4.469.343,11
2	258.236,87	4.469.118,95
3	258.012,72	4.468.894,80
4	257.819,97	4.468.682,65

Hilera 3		
Aerogenerador	Coordenadas en metros	
	X	Y
1	259.583,50	4.469.472,30
2	258.783,82	4.468.796,16
3	258.559,67	4.468.572,01
4	258.335,51	4.468.347,85
5	258.111,36	4.468.123,70
6	257.887,21	4.467.899,55
7	257.663,05	4.467.675,40
8	257.438,90	4.467.451,24

Hilera 4		
Aerogenerador	Coordenadas en metros	
	X	Y
1	259.052,62	4.467.953,53
2	258.909,47	4.467.586,24

Tabla 51. Coordenadas geográficas de los aerogeneradores de la Zona 4 (Fuente: propia)

La ejecución del parque eólico con este número de aerogeneradores supondría que ocho de ellos podrían ser vistos por los municipios más cercanos, lo que implica el 47,05%.

### 10.2. Zona 5 – Vilafamés y La Pobla Tornesa

En este caso al identificarse dicha zona como montañosa es necesario de nuevo disponer los aerogeneradores en los puntos más altos posibles atendiendo a posibles barreras de viento que puedan ser producidas por cumbres montañosas más altas. Atendiendo a lo indicado junto con la extensión que caracteriza a esta zona y la perpendicular a la dirección del viento predominante pueden establecerse ocho aerogeneradores divididos en dos hileras, aunque una de ellas está formada únicamente por un solo aerogenerador.

La separación entre aerogeneradores de una misma fila se ha reducido en cero y medio de la distancia recomendada el diámetro del rotor (317 m) con el objetivo de colocar un mayor número de aerogeneradores. En cambio, la separación entre filas de aerogeneradores también se ha reducido en cero y medio a la recomendada (826 m) para poder colocar así una nueva hilera y con ello un número de aerogenerador más a partir de la extensión que define a esta zona. En la siguiente tabla se indican las coordenadas geográficas de cada uno de ellos para realizar correctamente el cálculo de la producción anual de cada uno de ellos.

Hilera 1					
Aerogenerador	Coordenadas en metros		Aerogenerador	Coordenadas en metros	
	X	Y		X	Y
1	753.250,51	4.444.128,51	5	752.083,08	4.443.148,93
2	752.958,67	4.443.883,63	6	751.791,22	4.442.904,02
3	257.764,88	4.469.815,10	7	751.499,35	4.442.659,12
4	257.548,79	4.469.620,98			

Hilera 2		
Aerogenerador	Coordenadas en metros	
	X	Y
1	751.860,00	4.441.895,59

Tabla 52. Coordenadas geográficas de los aerogeneradores de la Zona 5 (Fuente: propia)

La influencia visual que conllevaría ubicar el parque eólico en este emplazamiento supondría que seis aerogeneradores podrían ser vistos por los municipios más cercanos, suponiendo el 75%.

### 10.3. Zona 14 - Xixona

Este emplazamiento de nuevo se caracteriza por estar ubicado en una zona montañosa y con ello que los aerogeneradores sean dispuestos en las diferentes cimas de las cumbres montañosas que la conforman o en los puntos de mayor elevación, lo cual establece que se requiera gran atención a posibles barreras de viento que puedan producirse entre cimas. Atendiendo a lo indicado junto con los distintos factores limitantes será posible ubicar un total de doce aerogeneradores en una única hilera a la separación recomendada (381 m) con el objetivo de poder disponer un mayor número de aerogeneradores sin causar demasiadas pérdidas durante su explotación.

En ese caso, podrían observarse siete aerogeneradores desde el municipio de Xixona, suponiendo el 58,33%.

Aerogenerador	Coordenadas en metros		Aerogenerador	Coordenadas en metros	
	X	Y		X	Y
1	718.473,91	4.270.638,67	7	719.854,08	4.273.095,44
2	718.648,69	4.270.904,14	8	719.999,56	4.273.373,51
3	718.788,68	4.271.148,94	9	720.158,48	4.273.651,58
4	718.940,88	4.271.427,01	10	720.310,68	4.273.929,66
5	719.118,54	4.271.676,72	11	720.462,88	4.274.207,73
6	719.679,18	4.272.775,89	12	720.615,08	4.274.485,80

Tabla 53. Coordenadas geográficas de los aerogeneradores de la Zona 14 (Fuente: propia)

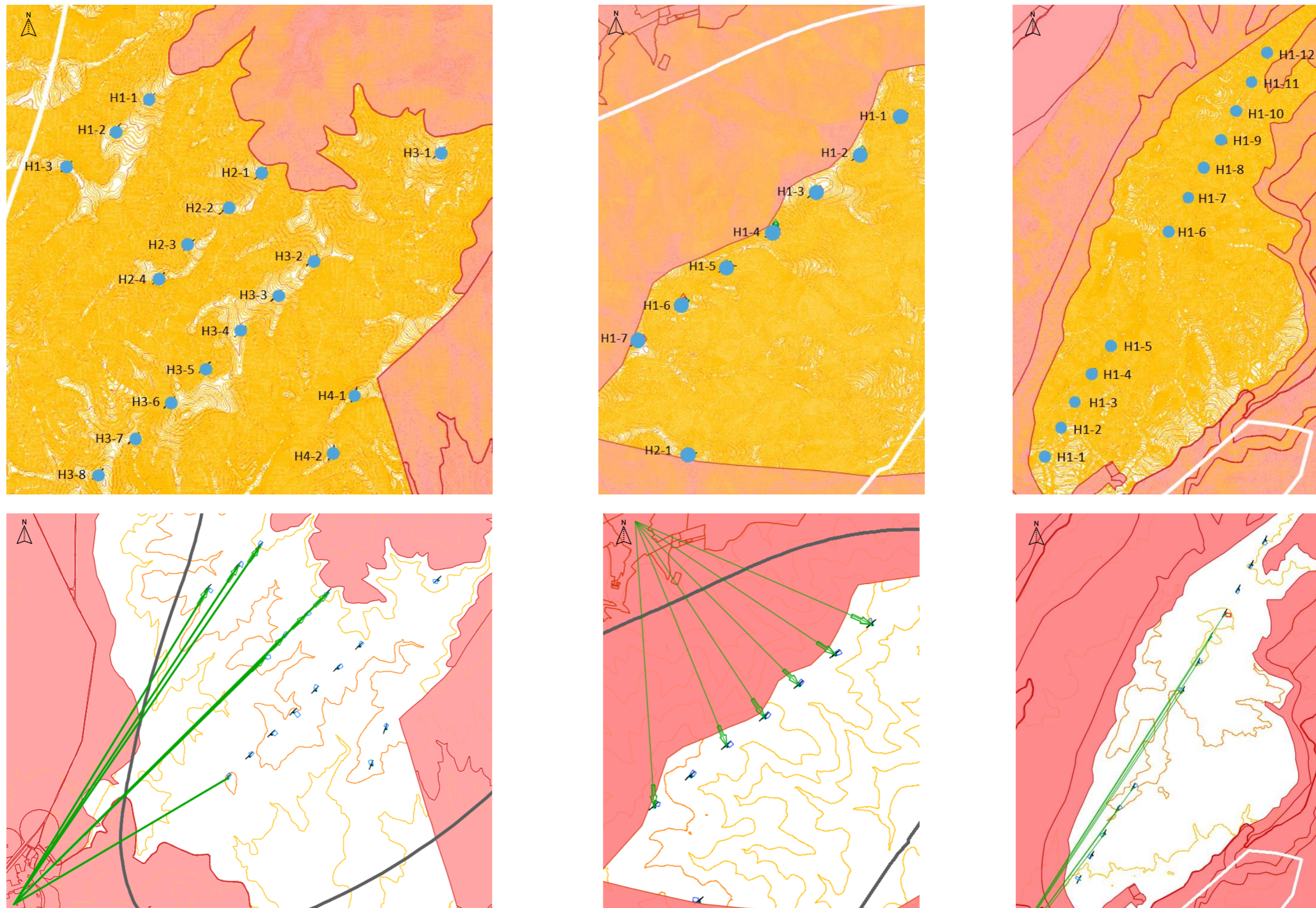


Figura 83. Disposición en planta e influencia visual de los aerogeneradores que conforman la Zona 4 a la izquierda, la Zona 5 en el medio y la Zona 14 a la derecha (Fuente: propia)

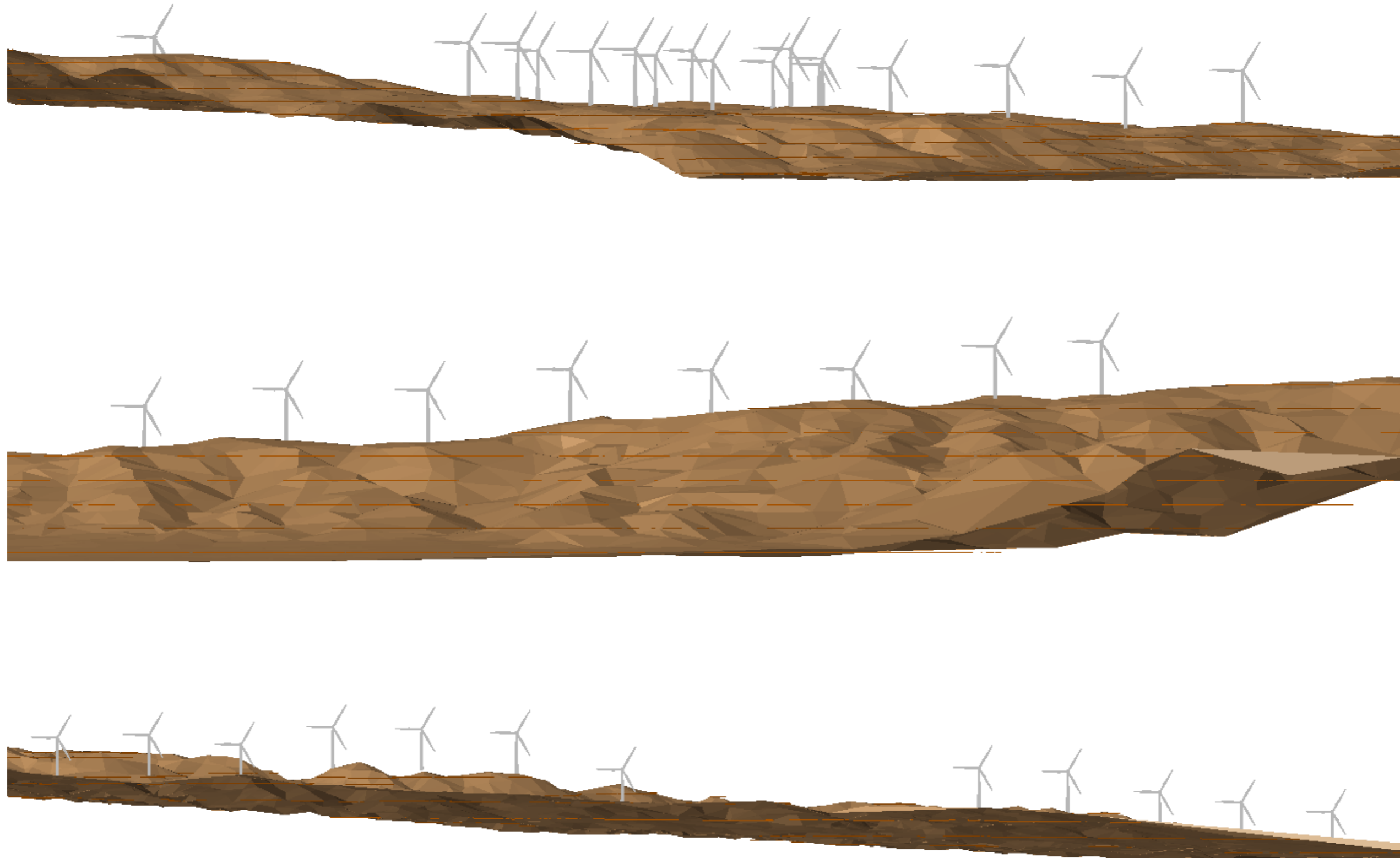


Figura 84. Verificación de la inexistencia de barreras de viento en la Zona 4 arriba, en la Zona 5 en el medio y en la Zona 14 abajo  
(Fuente: propia)

## 11. Aprovechamiento energético

Conocido el número y la ubicación de los aerogeneradores que conforman cada uno de los parques eólicos puede determinarse la potencia instalada y la producción anual posible a alcanzar en cada uno de ellos a partir de los aerogeneradores que los conforman.

La producción anual de cada uno de los aerogeneradores se obtendrá mediante el procedimiento análogo llevado a cabo en el [Análisis técnico](#) para determinar la [Tipología de aerogenerador a disponer](#) en cada una de las zonas. En este caso se determinará la producción anual, el factor de uso, las horas equivalentes y la energía aprovechada para el mismo modelo de aerogenerador que ha sido escogido para cada emplazamiento óptimo, sin embargo, se llevará a cabo para cada aerogenerador al presentar fluctuaciones en algunas características del recurso eólico a 100 metros de altura entre las que se encuentran la velocidad del viento, el factor de forma y el factor de escala pues la ubicación y elevación a la que se encuentran cada uno de ellos es distinta.

La instalación de los aerogeneradores lleva consigo una serie de pérdidas capaces de ser soportadas por cada uno de los parques eólicos. Estas serán evaluadas a partir de los siguientes coeficientes con el objetivo de determinar la eficiencia global y la producción anual bruta de cada uno de los parques eólicos.

	Una alineación	Varias alineaciones
Pérdidas por sombras entre alineaciones	1,000	0,900
Pérdidas por sombras de turbinas de una misma alineación	0,995	0,995
Pérdidas por disponibilidad	0,980	0,980
Pérdidas de transformación y transporte	0,970	0,970
Pérdidas por mantenimiento de la transformación	0,999	0,999
Pérdidas por cortes en el suministro	1,000	1,000
Pérdidas por ajuste de la curva de potencia	0,980	0,980
Eficacia global del parque	0,926	0,833

Tabla 54. Coeficientes de pérdidas de cada parque eólico  
(Fuente: Dpto. de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, UPV)

### 11.1. Zona 4 – Coves de Vinromà

La determinación de los factores que conforman el aprovechamiento eólico de este parque eólico atiende tanto a características físicas como eólicas que definen este emplazamiento, todas ellas a la altura del buje de cada uno de los diecisiete aerogeneradores que caracterizan a esta zona.

En este caso se disponen de las mismas características físicas de temperatura (15°C) y rugosidad superficial (0,75 m) anteriormente empleadas en el [Análisis técnico](#) ya que la elevación dependerá de la ubicación de cada uno de los aerogeneradores que caracterizan a este parque eólico. Esto último implica que para cada uno de ellos se obtengan características eólicas diferentes, indicadas todas ellas en las siguientes tablas: [Tabla 55](#), [Tabla 56](#) y [Tabla 57](#).

Aerogenerador	Hilera 1			Hilera 2			
	1	2	3	1	2	3	4
Elevación (m)	386,279	371,617	372,274	393,841	371,552	347,492	352,765
Velocidad del viento a 100 m de altura (m/s)	5,9058	5,8046	5,7731	5,47	5,5895	5,4935	5,5505
Factor de escala (A)	6,02	5,75	5,47	5,91	5,91	5,91	5,47
Factor de forma (k)	1,32	1,23	1,25	1,31	1,31	1,31	1,25

Tabla 55. Características físicas y eólicas de los aerogeneradores de la Zona 4 (1/3)  
(Fuente: propia)

Aerogenerador	Hilera 3						
	1	2	3	4	5	6	7
Elevación (m)	377,13	364,277	347,386	330,389	336,26	307,261	323,233
Velocidad del viento a 100 m de altura (m/s)	5,6663	5,7347	5,6963	5,6212	5,8254	5,6731	5,7907
Factor de escala (A)	5,91	5,91	5,91	5,91	5,47	5,47	5,47
Factor de forma (k)	1,31	1,31	1,31	1,31	1,25	1,25	1,25

Tabla 56. Características físicas y eólicas de los aerogeneradores de la Zona 4 (2/3)  
(Fuente: propia)

Aerogenerador	Hilera 3	Hilera 4	
	8	1	2
Elevación (m)	397,128	381,251	343,962
Velocidad del viento a 100 m de altura (m/s)	5,323	6,0448	5,7373
Factor de escala (A)	5,91	5,91	5,91
Factor de forma (k)	1,31	1,31	1,31

Tabla 57. Características físicas y eólicas de los aerogeneradores de la Zona 4 (3/3)  
(Fuente: propia)

Las relaciones desarrolladas en el [apartado 9.3.1](#) son de nuevo empleadas para obtener los parámetros que influyen en la producción anual a la altura del buje, por lo tanto, dichos valores corregidos pueden consultarse tanto en la [Tabla 58](#), [Tabla 59](#) y [Tabla 60](#) para cada uno de los aerogeneradores.

A partir de los valores corregidos puede determinarse la producción anual, el factor de corrección, las horas equivalentes y la energía aprovechada de cada uno de los aerogeneradores a disponer en este emplazamiento, recogidos en las siguientes tablas ([Tabla 61](#), [Tabla 62](#) y [Tabla 63](#)).

El parque eólico que caracteriza a esta zona está formado por diecisiete aerogeneradores de 2MW de potencia cada uno, instalándose así en el parque un total de **34 MW de potencia**. Podrá alcanzarse una el cual permitirá una producción anual bruta de 112.356 MWh lo que concluye en una producción anual neta de **93.592 MWh** tras aplicar el coeficiente de eficacia global de un parque eólico con varias alineaciones indicado en la [Tabla 54](#). Implicando la emisión de **421,1640 toneladas de CO<sub>2</sub>** a la atmósfera al año.



Aerogenerador	Hilera 1			Hilera 2			
	1	2	3	1	2	3	4
Factor de escala corregido (A')	5,87662	5,61305	5,33972	5,76924	5,76924	5,76924	5,33972
Velocidad del viento a la altura de buje (m/s)	5,76514	5,66635	5,63560	5,33972	5,45637	5,36266	5,41830
Densidad del aire a la altura del buje (kg/m³)	1,15788	1,15990	1,15981	1,15685	1,15991	1,16322	1,16249
Factor de corrección	0,94521	0,94686	0,94678	0,94436	0,94686	0,94957	0,94897

Tabla 58. Valores corregidos atendiendo a la ubicación de los aerogeneradores de la Zona 4 (1/3) (Fuente: propia)

Aerogenerador	Hilera 3						
	1	2	3	4	5	6	7
Producción anual (MWh)	6.768	6.778	6.792	6.805	6.229	6.250	6.238
Factor de uso (%)	40,82	40,82	40,82	40,82	37,39	37,39	37,39
Horas de funcionamiento	3.576	3.576	3.576	3.576	3.275	3.275	3.275
Energía aprovechada (%)	30,90	30,94	31,00	31,07	31,93	32,04	31,98

Tabla 62. Producción anual, factor de uso, horas de funcionamiento y energía aprovechada de los aerogeneradores de la Zona 4 (2/3) (Fuente: propia)

Aerogenerador	Hilera 3						
	1	2	3	4	5	6	7
Factor de escala corregido (A')	5,76924	5,76924	5,76924	5,76924	5,33972	5,33972	5,33972
Velocidad del viento a la altura de buje (m/s)	5,53134	5,59812	5,56063	5,48732	5,68666	5,53798	5,65278
Densidad del aire a la altura del buje (kg/m³)	1,15914	1,16091	1,16324	1,16558	1,16477	1,16878	1,16657
Factor de corrección	0,94624	0,94768	0,94958	0,95150	0,95083	0,95411	0,95230

Tabla 59. Valores corregidos atendiendo a la ubicación de los aerogeneradores de la Zona 4 (2/3) (Fuente: propia)

Aerogenerador	Hilera 3	Hilera 4	
	8	1	2
Producción anual (MWh)	6.752	6.764	6.794
Factor de uso (%)	40,82	40,82	40,82
Horas de funcionamiento	3.576	3.576	3.576
Energía aprovechada (%)	30,82	30,88	31,02

Tabla 63. Producción anual, factor de uso, horas de funcionamiento y energía aprovechada de los aerogeneradores de la Zona 4 (3/3) (Fuente: propia)

Aerogenerador	Hilera 3	Hilera 4	
	8	1	2
Factor de escala corregido (A')	5,76924	5,76924	5,76924
Velocidad del viento a la altura de buje (m/s)	5,19622	5,90083	5,60065
Densidad del aire a la altura del buje (kg/m³)	1,15640	1,15858	1,16371
Factor de corrección	0,94400	0,94578	0,94997

Tabla 60. Valores corregidos atendiendo a la ubicación de los aerogeneradores de la Zona 4 (3/3) (Fuente: propia)

Aerogenerador	Hilera 1			Hilera 2			
	1	2	3	1	2	3	4
Producción anual (MWh)	6.900	6.548	6.202	6.754	6.772	6.791	6.217
Factor de uso (%)	41,67	39,47	37,39	40,82	40,82	40,82	37,39
Horas de funcionamiento	3.650	3.458	3.275	3.576	3.576	3.576	3.275
Energía aprovechada (%)	30,39	28,31	31,80	30,83	30,92	31,00	31,87

Tabla 61. Producción anual, factor de uso, horas de funcionamiento y energía aprovechada de los aerogeneradores de la Zona 4 (1/3) (Fuente: propia)

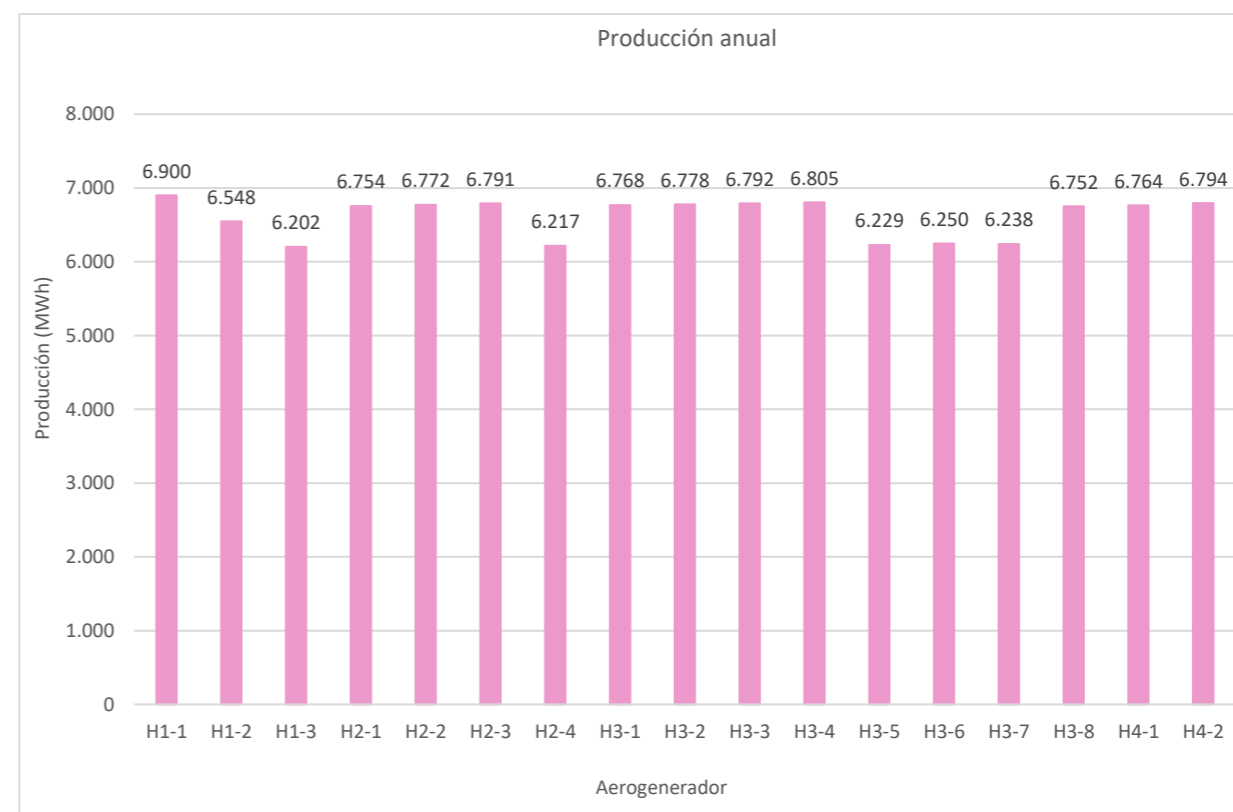


Gráfico 43. Producción anual de los aerogeneradores de la Zona 4 (Fuente: propia)

## 11.2. 1Zona 5 – Vilafamés y La Pobla Tornesa

El aprovechamiento energético capaz de generar los ocho aerogeneradores que conforman este emplazamiento será obtenido a partir de las relaciones indicadas anteriormente en el apartado 9.3.1.. Es necesario atender a las características físicas y eólicas en función de la ubicación de cada uno de los aerogeneradores indicadas en la *Tabla 64* y *Tabla 65*, sin embargo, las características físicas de temperatura (15°C) y rugosidad superficial (0,05 m) se corresponden con las mismas para todos ellos las cuales fueron determinadas y empleadas anteriormente en el *Análisis técnico* de este emplazamiento.

Los parámetros corregidos a la altura de cada uno de los bujes (*Tabla 66* y *Tabla 67*) permiten obtener para cada uno de ellos la producción anual, el factor de corrección, las horas equivalentes y la energía aprovechada encontrándose los valores obtenidos en la *Tabla 68* y *Tabla 69*.

Este parque eólico está formado por ocho aerogeneradores de 2MW de potencia cada uno, instalándose así en el parque un total de **16 MW de potencia**. Podrá alcanzarse una el cual permitirá una producción anual bruta de 43.378 MWh lo que concluye en una producción anual neta de **36.134 MWh** tras aplicar el coeficiente de eficacia global de un parque eólico con varias alineaciones indicado en la *Tabla 54*.

En este caso, la implantación del parque eólico únicamente supondría **162,6030 toneladas** de emisiones **CO<sub>2</sub>** a la atmosfera destacando por ser un valor muy dispar al que se produce con otro tipo de obtención de energías convencionales.

Aerogenerador	Hilera 1			
	1	2	3	4
Factor de escala corregido (A')	4,91350	4,91350	4,91350	4,91350
Velocidad del viento a la altura de buje (m/s)	4,95879	5,16281	5,23341	5,50124
Densidad del aire a la altura del buje (kg/m <sup>3</sup> )	1,14141	1,13531	1,13561	1,12902
Factor de corrección	0,93177	0,92679	0,92703	0,92165

*Tabla 66. Valores corregidos atendiendo a la ubicación de los aerogeneradores de la Zona 5 (1/2)*  
(Fuente: propia)

Aerogenerador	Hilera 1			Hilera 2
	5	6	7	1
Factor de escala corregido (A')	4,91350	4,91350	4,91350	5,03166
Velocidad del viento a la altura de buje (m/s)	5,41075	5,01748	5,44827	5,54772
Densidad del aire a la altura del buje (kg/m <sup>3</sup> )	1,12852	1,12813	1,11993	1,11839
Factor de corrección	0,92124	0,92092	0,91423	0,91297

*Tabla 67. Valores corregidos atendiendo a la ubicación de los aerogeneradores de la Zona 5 (1/2)*  
(Fuente: propia)

Aerogenerador	Hilera 1			
	1	2	3	4
Elevación (m)	507,14	552,324	550,104	599,221
Velocidad del viento a 100 m de altura (m/s)	5,036	5,2432	5,3149	5,5869
Factor de escala (A)	4,99	4,99	4,99	4,99
Factor de forma (k)	1,42	1,42	1,42	1,42

*Tabla 64. Características físicas y eólicas de los aerogeneradores de la Zona 5 (1/2)*  
(Fuente: propia)

Aerogenerador	Hilera 1			Hilera 2
	5	6	7	1
Elevación (m)	602,961	605,88	667,4	679
Velocidad del viento a 100 m de altura (m/s)	5,495	5,0956	5,5331	5,6341
Factor de escala (A)	4,99	4,99	4,99	5,11
Factor de forma (k)	1,42	1,42	1,42	1,37

*Tabla 65. Características físicas y eólicas de los aerogeneradores de la Zona 5 (2/2)*  
(Fuente: propia)

Aerogenerador	Hilera 1			
	1	2	3	4
Producción anual (MWh)	5.455	5.425	5.427	5.395
Factor de uso (%)	33,41	33,41	33,41	33,41
Horas de funcionamiento	2.927	2.927	2.927	2.927
Energía aprovechada (%)	47,06	46,80	46,82	46,54

*Tabla 68. Producción anual, factor de uso, horas de funcionamiento y energía aprovechada de los aerogeneradores de la Zona 5 (1/2)* (Fuente: propia)

Aerogenerador	Hilera 1			Hilera 2
	5	6	7	1
Producción anual (MWh)	5.393	5.391	5.352	5.540
Factor de uso (%)	33,41	33,41	33,41	34,63
Horas de funcionamiento	2.927	2.927	2.927	3.034
Energía aprovechada (%)	46,52	46,51	46,17	41,74

*Tabla 69. Producción anual, factor de uso, horas de funcionamiento y energía aprovechada de los aerogeneradores de la Zona 5 (2/2)* (Fuente: propia)

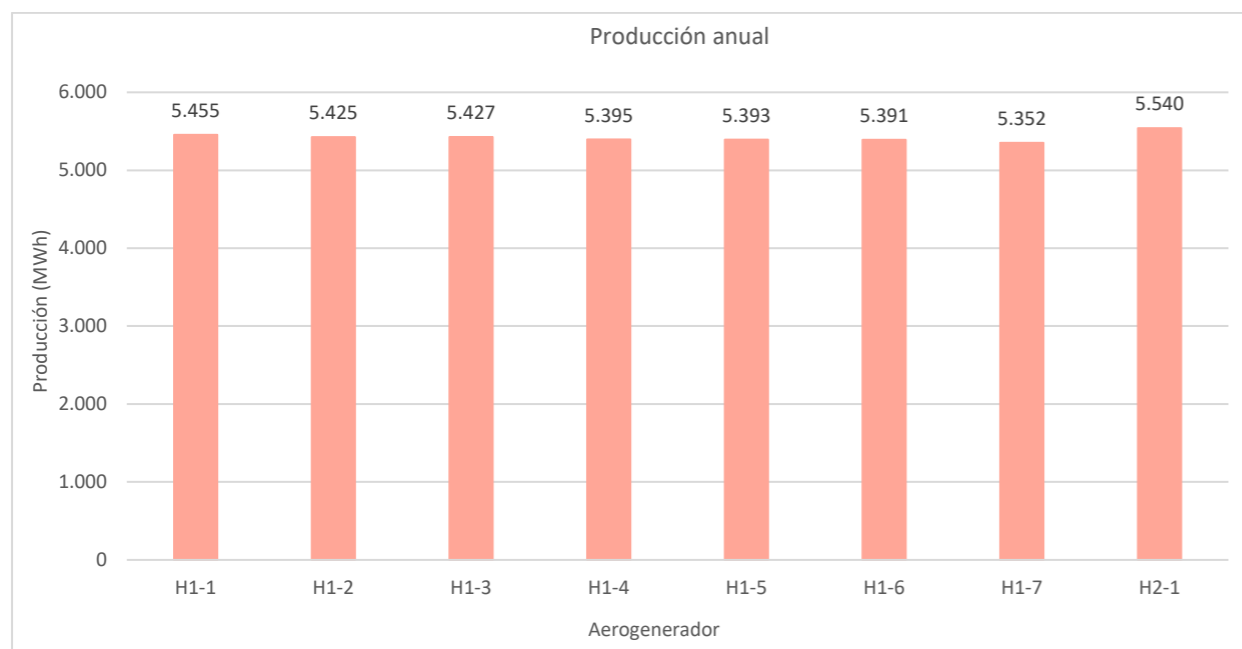


Gráfico 44. Producción anual de los aerogeneradores de la Zona 5 (Fuente: propia)

### 11.3. Zona 14 - Xixona

El parque eólico de este emplazamiento se conforma por un total de nueve aerogeneradores para los cuales es necesario atender tanto las características físicas como eólicas a la altura del buje de cada uno de los aerogeneradores que lo componen. Como en los dos casos anteriores, se emplean las características físicas de temperatura (15°C) y rugosidad superficial (0,60 m) coincidentes con las utilizadas en el Análisis técnico de este emplazamiento al no presentar variaciones. En las siguientes tablas (Tabla 70 y Tabla 71) quedan recogidas las características eólicas y físicas para cada aerogenerador en función de la ubicación que los define al ser necesarias para el cálculo de la producción anual neta de este emplazamiento.

A partir de las relaciones indicadas en el apartado 9.3.1 es posible obtener los parámetros necesarios para el cálculo de la producción anual, factor de uso, horas de funcionamiento y energía aprovechada a partir de los valores corregidos a la altura de los bujes de cada uno de ellos. Encontrándose todos los valores obtenidos entre la Tabla 72 y Tabla 75.

Este parque eólico está formado por doce aerogeneradores de 2MW de potencia cada uno instalándose así un total de **24 MW de potencia**. Podrá alcanzarse una el cual permitirá una producción anual bruta de 80.434 MWh lo que concluye en una producción anual neta de **74.482 MWh** tras aplicar el coeficiente de eficacia global de un parque eólico con una única alineación y emitiendo **225,1735 toneladas de CO<sub>2</sub>**.

Aerogenerador	1	2	3	4	5	6
Elevación (m)	505,167	538,888	574,271	644,641	657,365	653,122
Velocidad del viento a 100 m de altura (m/s)	4,9854	5,2561	5,6185	5,2182	6,1635	5,5638
Factor de escala (A)	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
Factor de forma (k)	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16

Tabla 70. Características físicas y eólicas de los aerogeneradores de la Zona 14 (1/2) (Fuente: propia)

Aerogenerador	7	8	9	10	11	12
Elevación (m)	779,483	788,523	800,372	800,372	740,590	774,293
Velocidad del viento a 100 m de altura (m/s)	6,4835	6,4105	6,2951	6,2951	5,721	6,0025
Factor de escala (A)	5,73	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38
Factor de forma (k)	1,17	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34

Tabla 71. Características físicas y eólicas de los aerogeneradores de la Zona 14 (2/2) (Fuente: propia)

Aerogenerador	1	2	3	4	5	6
Factor de escala corregido (A')	5,76561	5,76561	5,76561	5,76561	5,76561	5,76561
Velocidad del viento a la altura de buje (m/s)	4,87184	5,13637	5,49052	5,09934	6,02311	5,43707
Densidad del aire a la altura del buje (kg/m <sup>3</sup> )	1,14168	1,13712	1,13236	1,12296	1,12126	1,12183
Factor de corrección	0,93198	0,92826	0,92438	0,91670	0,91532	0,91578

Tabla 72. Valores corregidos atendiendo a la ubicación de los aerogeneradores de la Zona 14 (1/2) (Fuente: propia)

Aerogenerador	7	8	9	10	11	12
Factor de escala corregido (A')	5,59948	6,23467	6,23467	6,23467	6,23467	6,23467
Velocidad del viento a la altura de buje (m/s)	6,33582	6,26448	6,15171	5,59069	5,86577	5,41781
Densidad del aire a la altura del buje (kg/m <sup>3</sup> )	1,10515	1,10396	1,10241	1,11026	1,10583	1,10704
Factor de corrección	0,90216	0,90120	0,89993	0,90633	0,90272	0,90371

Tabla 73. Valores corregidos atendiendo a la ubicación de los aerogeneradores de la Zona 14 (2/2) (Fuente: propia)

Aerogenerador	1	2	3	4	5	6
Producción anual (MWh)	6.591	6.564	6.537	6.483	6.473	6.476
Factor de uso (%)	40,36	40,36	40,36	40,36	40,36	40,36
Horas de funcionamiento	3.536	3.536	3.536	3.536	3.536	3.536
Energía aprovechada (%)	24,33	24,24	24,13	23,93	23,90	23,91

Tabla 74. Producción anual, factor de uso, horas de funcionamiento y energía aprovechada de los aerogeneradores de la Zona 14 (1/2) (Fuente: propia)

Aerogenerador	7	8	9	10	11	12
Producción anual (MWh)	6.203	7.009	6.999	7.049	7.021	7.029
Factor de uso (%)	39,25	44,39	44,39	44,39	44,39	44,39
Horas de funcionamiento	3.438	3.889	3.889	3.889	3.889	3.889
Energía aprovechada (%)	25,13	27,93	27,89	28,09	27,97	28,01

Tabla 75. Producción anual, factor de uso, horas de funcionamiento y energía aprovechada de los aerogeneradores de la Zona 14 (2/2) (Fuente: propia)

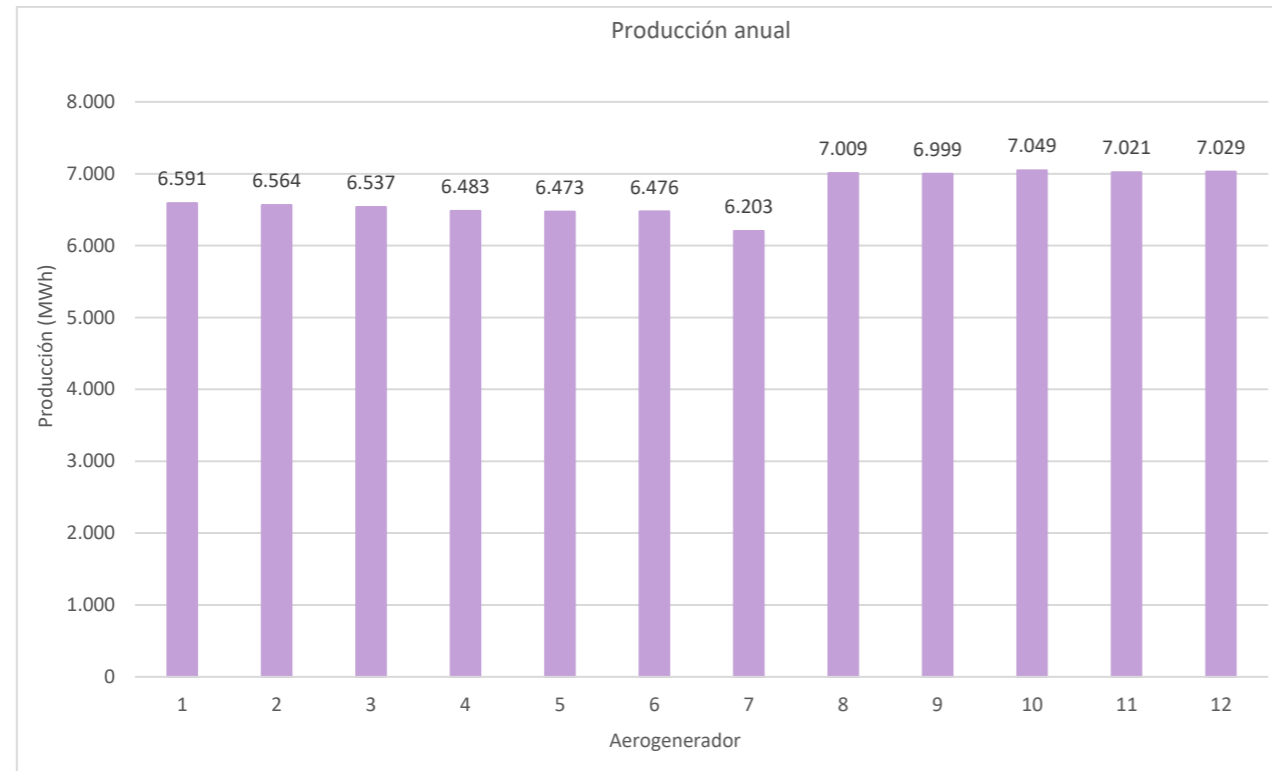


Gráfico 45. Producción anual de los aerogeneradores de la Zona 14  
(Fuente: propia)

## DISEÑO DE LA OBRA LINEAL

El trazado de los caminos de acceso a cada uno de los parques eólicos y de los viales que transcurren por los mismos son de considerable importancia durante la fase de construcción y explotación de cada uno de ellos, pues al presentar grandes dimensiones los elementos que conforman los mismos es necesario prestar atención a las obras lineales sobre las que se producirá el transporte. Durante este capítulo se llevará a cabo el diseño de cada una de las obras lineales que conformarían cada parque eólico.

Finalizado cada diseño se podrá determinar el volumen de movimiento de tierras que supondría la ejecución de cada uno de ellos siendo determinante durante el análisis multicriterio.

### 12. Condicionantes

El correcto diseño geométrico de cada una de las obras lineales deberá atender previamente las características físicas que conforman el entorno de cada una de las zonas posibles, permitirá conocer en profundidad la zona del estudio y las más próximas a las ubicaciones de cada uno de los aerogeneradores.

Pueden considerarse múltiples condicionantes, sin embargo, en este caso únicamente se atenderá a la cartografía, geomorfología, geología y geotecnia que caracteriza a cada una de las zonas posibles. Se corresponden con las más necesarias para definir e identificar elementos imprescindibles de la obra lineal, desarrollándose a continuación cada una de ellas para cada emplazamiento posible.

Recalcar que lo adecuado sería realizar un estudio de cada uno de ellos con el objetivo de poder realizar adecuadamente el proyecto constructivo de cada emplazamiento, sin embargo, la falta de datos básicos ha conllevado el planteamiento de la solución con los disponibles atendiendo a los resultados geomecánicos del terreno y un análisis de los desmontes.

#### 12.1. Zona 4 – Coves de Vinromà

##### · Cartografía

La cartografía del emplazamiento ubicado en las inmediaciones del municipio de Canet lo Roig será obtenida mediante el sistema LiDAR proporcionada por el Plan Nacional de Ortografía Nacional (PNOA).

Permite disponer de modelos digitales del terreno con una alta precisión, por lo tanto, será empleada en los softwares correspondientes para un correcto diseño de la obra lineal al permitir además una mayor precisión del movimiento de tierras que se pueda producir. Atendiendo a las curvas de nivel proporcionadas por el Visor cartográfico de la Generalitat Valenciana, representadas en la *Figura 85* y *Figura 86*, puede observarse como este emplazamiento se encuentra a una cota entre 220 y 380 metros.

##### · Geomorfología

La geomorfología de este emplazamiento, proporcionada por el Instituto Geológico y Minero de España, queda recogida en la hoja 48 (8 – 6) denominada Vinaroz a escala 1:200.000. Se identifica una única región atendiendo al relieve correspondiéndose con pendientes tipo (I).

Atendiendo a los criterios de división se caracteriza por estar conformado en mayor parte de su superficie por formas con formas de relieve onduladas ( $I_2$ ) y formas de relieve abruptas ( $I_3$ ), aunque al oeste puede identificarse una pequeña superficie con formas de relieve llanas ( $I_1$ ).

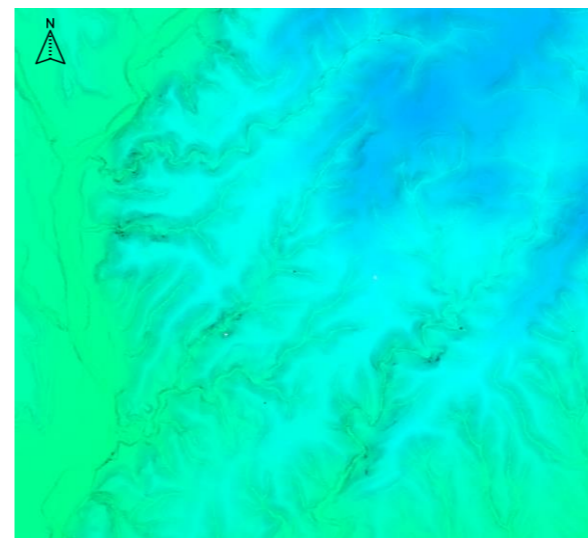


Figura 85. Nube de puntos emplazamiento Zona 4  
(Fuente: PNOA)

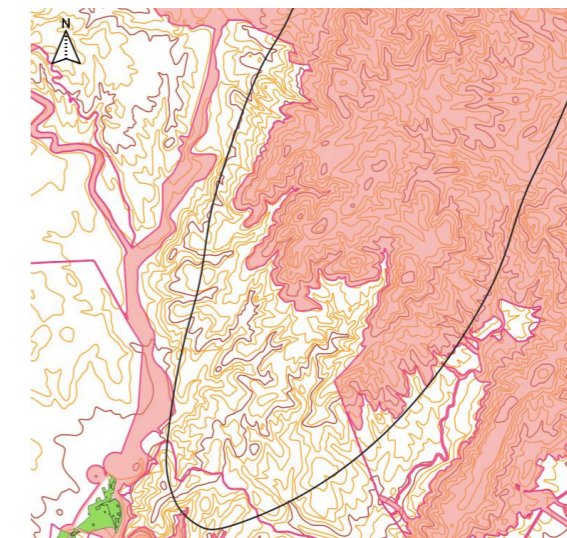


Figura 86. Curvas de nivel cada 100m y 20 m emplazamiento Zona 4  
(Fuente: Visor GVA)

Las formas con relieve llanas ( $I_1$ ) ofrecen una morfología totalmente llana, como indica su propio nombre, las cuales se encuentran sobre arenas, arcillas, gravas y turberas. Destacan por ser una elevada permeabilidad e incluso localmente por ser semipermeable o impermeable junto con su media capacidad de carga o incluso muy baja en algunas zonas, lo cual implica la aparición de asentamientos de media o alta magnitud.

Atendiendo a las formas de relieve onduladas ( $I_2$ ) estas se caracterizan por estar constituidas desde arcillas arenosas a margas, conglomerados y brechas no consolidadas; permite identificar una morfología muy variada encontrándose en algunos casos pendientes superiores al quince por ciento. Destaca por su capacidad de carga media con la posibilidad de la aparición de deslizamiento y asentamientos de media magnitud, además de presentar zonas con semipermeabilidad lo que implica que su drenaje sea deficiente o aceptable según la zona.

En cambio, las formas con relieve abruptas ( $I_3$ ) se caracterizan por una morfología con pendientes superiores al quince por ciento. Identificándose calizas, carnioles y calizas dolomíticas las cuales destacan por ser semipermeables, un gran drenaje superficial y alta capacidad de carga con la posible aparición de deslizamientos.

Atendiendo a los criterios de clasificación, pueden identificarse dos zonas en función de las condiciones constructivas y problemas existentes correspondiéndose con:

- Condiciones constructivas favorables con problemas geotécnicos.
- Condiciones constructivas aceptables con problemas litológicos y geotécnicos.
- Condiciones constructivas aceptables con problemas geomorfológicos, hidrológicos y geotécnicos.

Este emplazamiento queda limitado por zonas con alto relieve, por este motivo, deberá tenerse en gran consideración la adecuación de la obra lineal al terreno con el objetivo de obtener una compensación de movimiento de tierras adecuada.

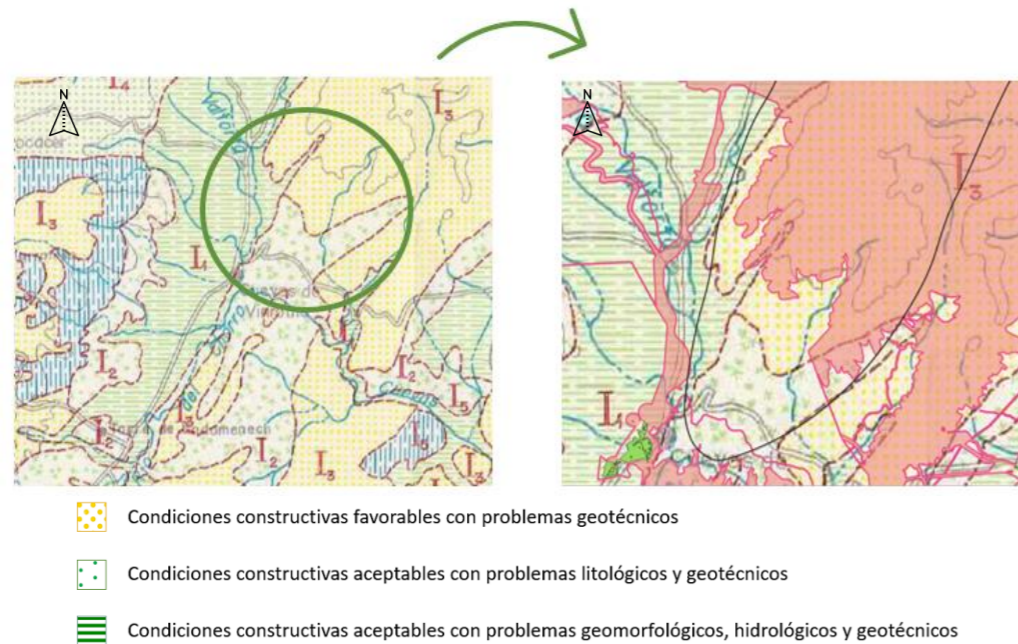


Figura 87. Geomorfología del emplazamiento de la Zona 4  
(Fuente: IGME)

## · Geología

La geología de este emplazamiento queda recogida en la Base Cartográfica Geológica de la Comunidad Valenciana (GeoCV350) elaborada por el Instituto Cartográfico Valenciano (ICV) con la colaboración del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

El Mapa Geológico elaborado a escala 1:350.000 permite identificar cuatro materiales. El primero de ellos, representado en color naranja ocupa gran extensión destacando por estar constituido por arcillas rojas, conglomerados y areniscas pertenecientes a la Cordillera Ibérica. El siguiente identificado también ocupa gran parte de la superficie disponible destacando por estar constituido por calizas bioconstruidas, calizas, margas y areniscas también pertenecientes a la Cordillera Ibérica.

Los dos materiales restantes pueden identificarse en una menor proporción. En color azul se identifican ritmita calcárea, calizas oncolíticas y oolíticas y; margas de la Cordillera Ibérica, en cambio, en color verde pueden identificarse dolomías y margas del Cenomaniense.

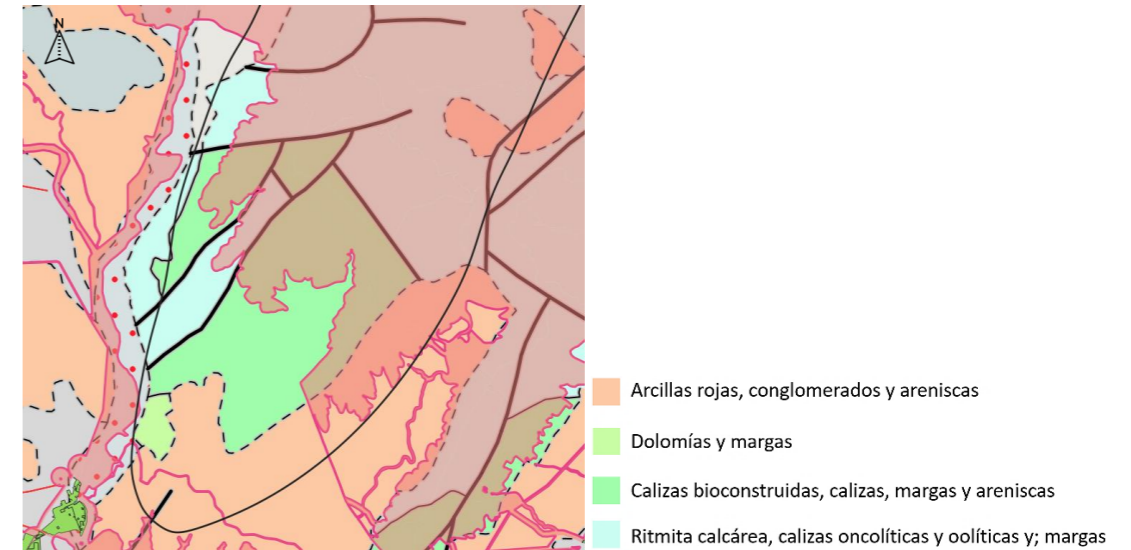


Figura 88. Geología del emplazamiento de la Zona 4  
(Fuente: ICV)

## · Geotecnia

A partir de la caracterización geomecánica, la clasificación de los suelos y el análisis de los desmontes de los diferentes terrenos identificados sobre este emplazamiento podrá obtenerse la máxima información para ejecutar adecuadamente dicha actuación sobre los mismos.

### Caracterización geomecánica del terreno

El análisis de las condiciones geológicas y geotécnicas de los terrenos influyentes sobre este emplazamiento permitirá la caracterización geomecánica del subsuelo mediante diferentes sondeos y ensayos en cada caso. Presenta gran importancia para la posterior clasificación de los suelos y la elección de la explanada atendiendo a lo indicado en el PG-3.

De cada uno de los materiales identificados se prevé obtener muestras inalteradas con el objetivo de ejecutar ensayos de laboratorio sobre muestras representativas del terreno para la posterior caracterización, siendo necesario la realización de los siguientes ensayos:

- Ensayo granulométrico tamizado.
- Límites de Atterberg.
- Ensayo Proctor modificado:
  - Porcentaje de humedad óptima.
  - Densidad máxima
- Ensayo CBR
- Ensayo de expansión.
- Ensayos químicos:
  - : Contenido en materia orgánica.
  - : Contenido en sales solubles.

Los datos empleados para caracterizar tres de los cuatro materiales identificados sobre este posible emplazamiento han sido proporcionados por el Instituto Cartográfico Valenciano al poseer en su archivo múltiples ensayos geotécnicos sobre los que se indica el resultado de cada uno de ellos. Sin embargo, al no disponer de actas de los ensayos geotécnicos realizados sobre arcillas rojas, conglomerados y areniscas el Departamento de la Ingeniería del Terreno de la Universitat Politècnica de València ha proporcionados los datos necesarios, indicados a continuación.

Arcillas rojas			
Pasa por 0,080 mm (%)	93,7	Índice CBR	3 (95%) – 4 (100%)
Límite Líquido (LL)	42,1	Peso específico aparente (kN/m <sup>3</sup> )	19
Índice de Plasticidad (IP)	28,5	Cohesión efectiva (kPa)	35
Densidad máxima (g/cm <sup>3</sup> )	1,83	Ángulo de rozamiento efectivo (°)	27
Humedad Óptima (%)	11,84	Módulo de deformación elástica (kPa)	7.000
Materia orgánica (%)	0,4	Hinchamiento libre (%)	0,1

Conglomerados y areniscas	
Densidad (kN/m <sup>3</sup> )	23
Módulo de deformación (GPa)	3

Tabla 76. Resultados ensayos geotécnicos materiales identificados en la Zona 4 (1/3)  
(Fuente: Departamento de la Ingeniería del terreno, UPV)

En el caso del siguiente material identificado sobre esta zona, formado por dolomías y margas, se ha identificado un sondeo para la ejecución de un depósito en el municipio cercano de Atzeneta del Maestrat cuyos datos se emplean para la caracterización de este material.

En cambio, en el caso del siguiente material identificado como calizas bioconstruidas, calizas, margas y areniscas se emplean los datos obtenidos de un sondeo realizado para la ejecución de un aparcamiento en Oropesa, pues no se ha encontrado ningún otro tipo de ensayo más cercano que permita obtener una representación objetiva de este tipo de material.

Para caracterizar el último material identificado sobre esta zona formado por ritmitas calcáreas, calizas oncolíticas y oolíticas y; margas se utilizan los resultados obtenidos de una cata realizada para la ejecución de una pista forestal en el municipio cercano de Castellfort.

	Pasa por 5 mm (%)	Pasa por 0,080 mm (%)	Límite Líquido [LL]	Límite Plástico [LP]	Índice de plasticidad [IP]	Humedad Óptima (%)
Dolomías y margas	98	83	41,1	-	18,2	8,41
Calizas bioconstruidas, calizas, margas y areniscas	58,7	33,7	24,2	16	8,2	8,7
Ritmitas calcáreas, calizas oncolíticas y oolíticas y; margas	46	21	30,5	20,7	9,8	7,5

Tabla 77. Resultados ensayos geotécnicos materiales identificados en la Zona 4 (2/3)  
(Fuente: ICV)

	Densidad máxima (kN/cm <sup>3</sup> )	Índice CBR	Hinchamiento libre (%)	Materia Orgánica [MO - %]	Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/kg)	Sales Solubles [SS - %]
Dolomías y margas	1,88	3,5 (95%) 4,5 (100%)	-	-	25	-
Calizas bioconstruidas, calizas, margas y areniscas	-	-	-	-	49,3	-
Ritmita calcárea, calizas oncolíticas y oolíticas y; margas	2,01	13,3 (95%) 17,1 (100%)	0,47	2,77	-	0

Tabla 78. Resultados ensayos geotécnicos materiales identificados en la Zona 4 (3/3)  
(Fuente: ICV)

Estos ensayos ejecutados sobre materiales de las mismas características y diferentes localizaciones se corresponden con los indicados a continuación, asimismo, en el Apéndice 5 se recogen las actas de los ensayos realizados para cada caso.

### Clasificación de los suelos

Las trazas de los viales del parque eólico estarán dispuestas sobre el suelo al corresponderse con el soporte último de las mismas, por este motivo, la clasificación de los materiales que lo conforman es de suma importancia para determinar su utilidad como material de relleno atendiendo a sus propiedades y características.

El "Pliego de prescripciones técnicas para obras de carreteras y puentes (Art, 330 PG-3)" rige las limitaciones a cumplir para la clasificación de los suelos en España. Es necesario disponer de las características geomecánicas del suelo con el objetivo de realizar dicha clasificación de manera rápida y sencilla, motivo por el cual, se han obtenido las mismas en la Caracterización geomecánica del anteriormente desarrollado.

El artículo mencionado establece que los rellenos de tipo terraplén deben estar constituidos por materiales que cumplan algunas de las dos siguientes condiciones:

- El material que pasa por el tamiz 20 UNE debe ser mayor al setenta por ciento (#20 > 70%).
- El material que pasa por el tamiz 0,080 UNE debe ser mayor o igual del treinta y cinco por ciento (#0,080 ≥ 35%).

Atendiendo a uno de los materiales que mayor predomina sobre este emplazamiento puede identificarse como las calizas bioconstruidas, calizas, margas y areniscas junto con las ritmitas calcáreas, calizas oncolíticas y oolíticas y; margas no cumplen la segunda condición impuesta al no superar el porcentaje de material que pasa por el tamiz 0,080 UNE. Sin embargo, consultando el acta del ensayo realizado sobre las mismas puede identificarse como por el tamiz 20 UNE pasa un 79,7% del primer material y un 71% del segundo lo cual verifica la primera condición granulométrica estipulada por la norma.

Los cuatro materiales identificados en la extensión que ocupa este emplazamiento pueden ser empleados y clasificados para rellenos de tipo terraplén, pues cumplen todos ellos alguna de las condiciones impuestas por la norma.

El primer material formado por arcillas rojas, conglomerados y areniscas puede considerarse como suelo adecuado al no verificarse las condiciones impuestas para ser clasificado como seleccionado. A continuación, se indica el cumplimiento de las condiciones que justifica la clasificación obtenida.

- Contenido en materia orgánica inferior al uno por ciento [MO – 0,4%].
- Contenido que pasa por el tamiz 2 UNE menor del ochenta por ciento [# 0,080 – 93,7%].
- Contenido que pasa por el tamiz 0,080 UNE inferior al treinta y cinco por ciento [# 0,080 – 93,7%].
- Índice de plasticidad superior a cuatro si el límite líquido es mayor a treinta [LL = 42,1 : IP – 28,5].

Dicho material puede ser empleado tanto en el cimient y núcleo del relleno tipo terraplén al poseer un valor de índice de CBR igual a 4. Esto implica que sea necesario emplear material de préstamos provenientes de fábrica o de la propia obra en caso de que sea posible para la formación de la coronación del relleno.

Los dolomías y margas son clasificadas como suelo tolerable ya que las condiciones impuestas para ser corresponderse con suelo seleccionado o adecuados no son verificadas al superar el porcentaje de material que pasa por los tamices 2 UNE y 0.080 UNE, sin embargo, se verifica un índice de plasticidad mayor al setenta y tres por ciento del valor que resulta de restar veinte al límite líquido [IP > 0,73 (LL – 20)] al poseer un valor del límite líquido mayor a cuarenta [IP > 15,63].

Tras esta clasificación y como indica la norma, este material podrá ser empleado para el cimient y núcleo del relleno tipo terraplén tras obtener un índice CBR mayor o igual a tres, correspondiéndose exactamente con un valor igual a de 4,5. Atendiendo a la coronación, será necesario emplear material de préstamos provenientes de fábrica o de la propia obra en caso de que sea posible.

Las características de las calizas bioconstruidas, calizas, margas y areniscas permiten ser clasificadas como suelo adecuado, pues la mayoría de las condiciones impuestas para ser identificado como suelo seleccionado no son verificadas. El cumplimiento de las siguientes condiciones justifica este tipo de clasificación.

- Contenido que pasa por el tamiz 2 UNE menor del ochenta por ciento [#2 - 50,4%].
- Contenido que pasa por el tamiz 0,080 UNE inferior al treinta y cinco por ciento [# 0,080 - 33,7%].
- Límite líquido inferior a cuarenta [LL – 24,2].

Dicho material puede ser empleado tanto en la coronación, cimient y núcleo del relleno tipo terraplén, sin embargo, es necesario realizar el ensayo correspondiente para verificar que el índice CBR es superior a cinco y tres para emplearse tanto en la coronación como en el cimient y núcleo respectivamente.

Por último, las ritmitas calcáreas, calizas oncolíticas y oolíticas y; margas no han podido ser clasificadas como suelos seleccionado, adecuado ni tampoco como tolerable al incumplir alguna condición impuesta para los mismos. Sin embargo, el cumplimiento de las dos siguiente condiciones permiten considerarlas como suelo marginal.

- Contenido en materia orgánica inferior al cinco por ciento [MO – 2,77%].
- Hinchamiento libre inferior al cinco por ciento [Hinchamiento – 0,47%].

Deberá verificarse el empleo de este material mediante la aprobación de un estudio especial para el núcleo del relleno tipo terraplén en caso de poseer un índice de CBR menor a tres como indica el artículo 330 del PG-3, sin embargo, en este caso puede atenderse un alto valor del mismo [CBR (100%) – 17,1] lo que induce a la ausencia de problemas de resistencia, deformabilidad y puesta en obra.

Tipo material	Clasificación	Zona del relleno tipo terraplén
Arcillas rojas, conglomerados y areniscas	Adecuado	Coronación, cimient y núcleo
Dolomías y margas	Tolerable	Cimient y núcleo
Calizas bioconstruidas, calizas, margas y areniscas	Adecuado	Coronación, cimient y núcleo
Ritmitas calcáreas, calizas oncolíticas y oolíticas y; margas	Marginal	Núcleo

Tabla 79. Clasificación de los suelos Zona 4

### Análisis de los desmontes

Los taludes existentes de los diferentes materiales permiten identificar las características que los definen, su estabilidad y posibles patologías que puedan presentar; por este motivo, se realiza un estudio sobre los mismos con el objetivo de ser caracterizados y con ello definir correctamente las secciones de los nuevos viales.

En el caso de los viales recorridos sobre arcillas rojas, conglomerados y areniscas pueden identificarse taludes de medianas dimensiones caracterizados por una inclinación prácticamente vertical junto con pequeños desprendimientos, por lo tanto, los viales que discurran por este material serán diseñados de manera que los taludes de desmonte presenten esta misma inclinación (1H:3V), aunque las dimensiones de la cuneta deberán garantizar la recogida de pequeños desprendimientos que puedan producirse para evitar la ocupación del vial.

La estabilidad de los taludes se considera buena debido a la ejecución de los taludes de estas dimensiones con esta inclinación junto con la no identificación de deslizamiento o vuelco de los mismos. Del mismo modo, tampoco se han identificado ningún tipo de patología, aunque posiblemente se pueda producir a largo plazo inestabilidades de tipo erosión diferencial al meteorizarse más rápido las zonas más margosas que las calcáreas. Sin embargo, la ejecución de los taludes sobre este tipo de material con la misma inclinación identificada permitirá una correcta ejecución de los mismos.



Ilustración 1. Taludes existentes sobre arcillas rojas, conglomerados y areniscas de la Zona 4 (Fuente: Google)



En cambio, tras realizar un recorrido por donde discurren las dolomías y margas pueden identificarse taludes de mayores dimensiones con una inclinación casi vertical que permiten identificar una buena estabilidad, asimismo no se aprecian patologías. Sobre los viales del parque eólico que se encuentren sobre este tipo de material será recomendable ejecutar dichos taludes con una inclinación 1H:3V para garantizar la estabilidad de los mismos.



Ilustración 2. Taludes existentes sobre dolomías y margas de la Zona 4  
(Fuente: Google)

Sobre los viales existentes cuya traza discurre por calizas bioconstruidas, calizas, margas y areniscas pueden identificarse taludes de medianas dimensiones caracterizándose por ser verticales o semiverticales, presentando pequeños desprendimientos. Por lo tanto, los futuros viales que se encuentren sobre este tipo de material dispondrán taludes de terraplén y desmonte con la misma inclinación identificada (1H:3V), aunque las dimensiones de la cuneta deberán garantizar la recogida de pequeños desprendimientos que puedan producirse para evitar la ocupación del vial.

Al igual que el primer material analizado, se considera buena la estabilidad de los taludes debido a la ejecución de los taludes de estas dimensiones con esta inclinación junto con la no identificación de deslizamiento o vuelco de los mismos. Del mismo modo, tampoco se han identificado ningún tipo de patología, aunque posiblemente se pueda producir a largo plazo inestabilidades de tipo erosión diferencial al meteorizarse más rápido las zonas más margosas que las calcáreas. Sin embargo, la ejecución de los taludes sobre este tipo de material con la misma inclinación identificada permitirá una correcta ejecución de los mismos.



Ilustración 3. Taludes existentes sobre calizas bioconstruidas, calizas, margas y areniscas de la Zona 4  
(Fuente: Google)

Por último, los taludes identificados sobre ritmitas calcáreas, calizas oncolíticas y oolíticas y; margas se caracterizan por presentar de nuevo medianas dimensiones con una inclinación casi vertical lo que implica la identificación de una buena estabilidad de los mismos sin apreciarse ninguna patología aparente, como en el material anterior.

Sin embargo, pueden producirse pequeños desprendimientos atendiendo al tipo de material que los conforman, por lo que, tras la ejecución de taludes 1H:3V se recomienda ejecutar la cuneta con unas dimensiones adecuadas para poder recoger los pequeños desprendimientos que se puedan producir y no interferir ni dificultar la circulación.

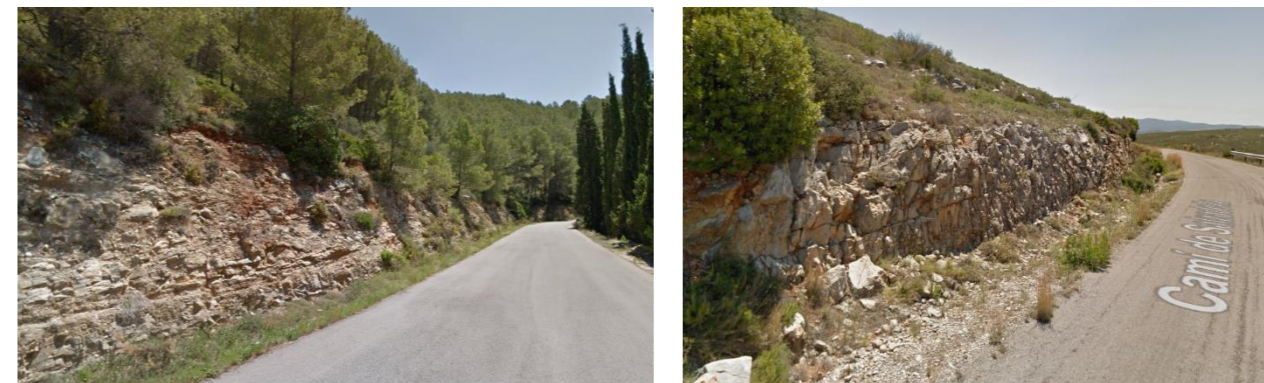


Ilustración 4. Taludes existentes sobre ritmita calcárea, calizas oncolíticas y oolíticas y; margas de la Zona 4  
(Fuente: Google)

### Elección tipo de explanada

La explanada se corresponde con la superficie sobre la cual se dispondrá la capa de rodadura sin pertenecer a su estructura. La *Norma 6.1 IC: Secciones de firme* diferencia tres tipos de explanada en función del módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga obtenido tras realizar el ensayo de carga con placa. Sin embargo, en este caso no se posee de dicho dato, aunque tras realizar la *Clasificación de los suelos* de los diferentes materiales por donde puede discurrir la traza de los viales se podrá realizar adecuadamente la elección de la sección de explanada más adecuada en cada caso.

Atendiendo a la clasificación llevada a cabo sobre las arcillas rojas, conglomerados pudo determinarse que dicho suelo se corresponde como *adecuado*, por tanto, se identifican cinco tipologías de explanadas posibles a disponer sobre este material las cuales se indican en la *Tabla 80*. Del mismo modo, las calizas bioconstruidas, calizas, margas y areniscas también fueron clasificadas como suelo adecuado lo que implica que se identifiquen las mismas explanadas, aunque la sección finalmente a disponer será determinada de manera aislada.

La categoría uno de explanada es descartada a no garantizar un mínimo de suelo adecuado en toda la traza de la carretera, asimismo, aquellas formaciones que estén constituidas por suelos seleccionados serán descartadas nuevamente al no disponer materiales de dicha clasificación. Por lo tanto, las únicas formaciones de explanada disponibles a ejecutar estarán formadas por suelos estabilizados in situ siendo en particular S-EST2 para la categoría dos de la explanada y S-EST3 para la categoría tres.

	E1 $E_{v2} \geq 60\text{MPa}$	E2 $E_{v2} \geq 120\text{MPa}$	E3 $E_{v2} \geq 300\text{MPa}$
SUELOS ADECUADOS (1)	min 100 1	2 55	
		1 S-EST2 25 1 3 35 1	S-EST3 30 1

Tabla 80. Formación explanada – secciones disponibles sobre suelo adecuado de la Zona 4 (Fuente: Extracción Figura 1 de la Norma 6.1)

La formación de explanada finalmente escogida se determinará a partir de la comprobación de las limitaciones establecidas por granulometría, composición química y plasticidad del suelo impuestas por el artículo 512 Suelos estabilizados in situ del PG-3 con el objetivo de identificar cuál de las dos formaciones disponibles es la más idónea. En un primer lugar se va a determinar para las calizas bioconstruidas, calizas, margas y areniscas procediendo posteriormente de la misma manera para las arcillas rojas, conglomerados y areniscas.

∴ Calizas bioconstruidas, calizas, margas y areniscas

- Suelos estabilizados in situ dos (S-EST2)

Este tipo de suelos estabilizados pueden ser obtenidos a partir del uso de cal o cemento lo que implica que para cada uno de ellos se realicen las comprobaciones pertinentes, ya que disponen de valores distintos en sus limitaciones.

: S-EST2 con cal

La granulometría de este tipo de suelo deberá cumplir lo especificado en la tabla 512.1.a del artículo previamente indicado recogida en la siguiente Tabla 81. Los datos proporcionados del suelo indican que por el tamiz 80 UNE pasa el cien por cien de la muestra analizada, asimismo, el material que pasa por el tamiz 0.080 UNE se corresponde con un valor superior al quince por ciento por lo que se garantiza que por el tamiz 0.063 UNE pase un porcentaje mayor al indicado por dicho artículo.

Tipo de suelo estabilizado	Cernido acumulado (% en masa)	
	Abertura de los tamices UNE-EN 933-2 (mm)	
	80	0.063
S-EST1 y S-EST2	100	≥ 15

Tabla 81. Granulometría del suelo en las estabilizaciones con Cal (Fuente: Tabla 512.1.a del artículo 512 del PG3)

La limitación impuesta por composición química no puede ser verificada al no disponer de información acerca del contenido en materia orgánica ni tampoco sales solubles. Sin embargo, atendiendo a lo indicado en la

tabla 512.3.a. de dicho artículo con el objetivo de verificar la plasticidad del suelo puede determinarse como el índice plástico no se encuentra entre los valores indicados al ser menor ( $IP = 8,2$ ).

Tipo de suelo estabilizado	Índice de plasticidad (IP) (normas UNE 103103 y UNE 103104)
S-EST1	$IP \geq 12$
S-EST2	$12 \leq IP \leq 40$

Tabla 82. Plasticidad del suelo en las estabilizaciones con Cal (Fuente: Tabla 512.3.a del artículo 512 del PG3)

: S-EST2 con cemento

En este caso, la granulometría de este suelo deberá verificar lo indicado en la tabla 512.1.b del mismo artículo empleado hasta ahora. Como en el caso anterior, los datos proporcionados del suelo indican que por tamiz 80 UNE pasa el cien por cien de la muestra analizada, asimismo, el material que pasa por el tamiz 0.080 UNE se corresponde con un valor superior al quince por ciento por lo que se garantiza que por el tamiz 0.063 UNE pase un porcentaje mayor al indicado por dicho artículo. Atendiendo al valor que pasa por el tamiz 2 UNE se verifica dicha limitación al pasar por el mismo 50,4%.

Tipo de suelo estabilizado	Cernido acumulado (% en masa)		
	Abertura de los tamices UNE-EN 933-2 (mm)		
	80	2	0.063
S-EST1 y S-EST2	100	> 20	< 50
S-EST3			> 35

Tabla 83. Granulometría del suelo en las estabilizaciones con cemento (Fuente: Tabla 512.1.b del artículo 512 del PG3)

De nuevo, la limitación impuesta por composición química no puede ser verificada al no disponer de información acerca del contenido en materia orgánica ni tampoco sales solubles. Sin embargo, atendiendo a lo indicado en la tabla 512.3.b. de dicha norma con el objetivo de verificar la plasticidad del suelo puede determinarse como el límite líquido junto con el índice de plasticidad se encuentran por debajo de los valores indicados ( $LL = 24,2 - IP = 8,2$ )

Característica	Norma	Tipo de suelo estabilizado		
		S-EST1	S-EST2	S-EST3
Límite Líquido (LL)	UNE 103103			≤ 40
Índice de Plasticidad (IP)	UNE 103103			≤ 15
	UNE 103104			

Tabla 84. Plasticidad del suelo en las estabilizaciones con Cemento (Fuente: Tabla 512.3.b del artículo 512 del PG3)

· Suelos estabilizados in situ tres (S-EST3)

A diferencia del otro tipo de suelo estabilizado este será obtenido únicamente con cemento siendo necesario verificar de nuevo las limitaciones impuestas por dicho artículo.

Las limitaciones granulométricas para suelos estabilizados in situ tres no sufren grandes diferencias con las limitaciones impuestas para suelos estabilizados in situ dos con cemento. Sin embargo, cabe destacar que el porcentaje que debe pasar por el tamiz 0.063 UNE es menor, aunque puede considerarse su cumplimiento en caso de interpretar que el material está bien graduado.

Las limitaciones por plasticidad no han variado, indicadas en la *Tabla 84*, por lo que, se verifica su cumplimiento de nuevo.

Finalizada la comprobación de las diferentes verificaciones a cumplir por cada tipo de explanada puede concluirse como los suelos estabilizados in situ dos (S-EST2) con cal son descartados para dicha formación al no cumplir con el índice de plasticidad, sin embargo, es posible ejecutar la formación de la explanada con suelo estabilizado con cemento. Cada una de las explanadas se caracteriza por poseer un espesor distinto y las limitaciones granulométricas son sensiblemente más estrictas en el suelo estabilizado in situ tres, por este motivo, la categoría de explanada dos (E2) será finalmente escogida pues la formación que la compone (**S-EST2 con cemento** de 25 cm) garantiza un cumplimiento más preciso y posee un menor espesor lo que implicará un menor coste.

∴ Arcillas rojas, conglomerados y areniscas

- Suelos estabilizados in situ dos (S-EST2)
- : S-EST2 con cal

La granulometría de este tipo de suelo se caracteriza por pasar el 93,7% de la muestra analizada por el tamiz 0.080 UNE lo que garantiza que por el tamiz 0.063 UNE pase un porcentaje mayor al indicado por las limitaciones impuestas por dicho artículo, encontrándose recogidas en la *Tabla 81*.

El contenido en materia orgánica y sulfatos solubles del suelo permitirán verificar las limitaciones impuestas en la composición química del mismo, siendo necesario verificar las limitaciones indicadas en la *tabla 512.2* de la norma recogidas en la siguiente *Tabla 85*. Tanto el contenido en materia orgánica (0,4) como el de sulfatos solubles (0,01) son menores a los valor impuestos por la norma por lo que se garantiza el cumplimiento en cuanto a su composición química.

Característica	Norma	Unidad	Tipo de suelo estabilizado		
			S-EST1	S-EST2	S-EST3
Materia orgánica (MO)	UNE 103204	% en masa	< 2	< 1	
Sulfatos solubles (SO <sub>3</sub> )	UNE 103201*	% en masa	< 0,7		

*Tabla 85. Composición química del suelo  
(Fuente: Tabla 512.2 del artículo 512 del PG3)*

Asimismo, atendiendo a lo indicado en la *tabla 512.3.a.* de dicho artículo [*Tabla 82*] con el objetivo de verificar la plasticidad del suelo puede determinarse como el índice plástico se encuentra entre los valores indicados (IP = 28,5).

- : S-EST2 con cemento

En este caso, la granulometría de este suelo deberá verificar lo indicado en la *Tabla 83*. Los datos proporcionados incumplen las limitaciones impuestas, ya que se garantiza que por el tamiz 0.063 UNE pase mayor material al pasar por el tamiz 0.080 UNE más del noventa por ciento de la muestra analizada. Por lo tanto, esta tipología de explanada no podrá ser ejecutada y con ello descartada.

- Suelos estabilizados in situ tres (S-EST3)

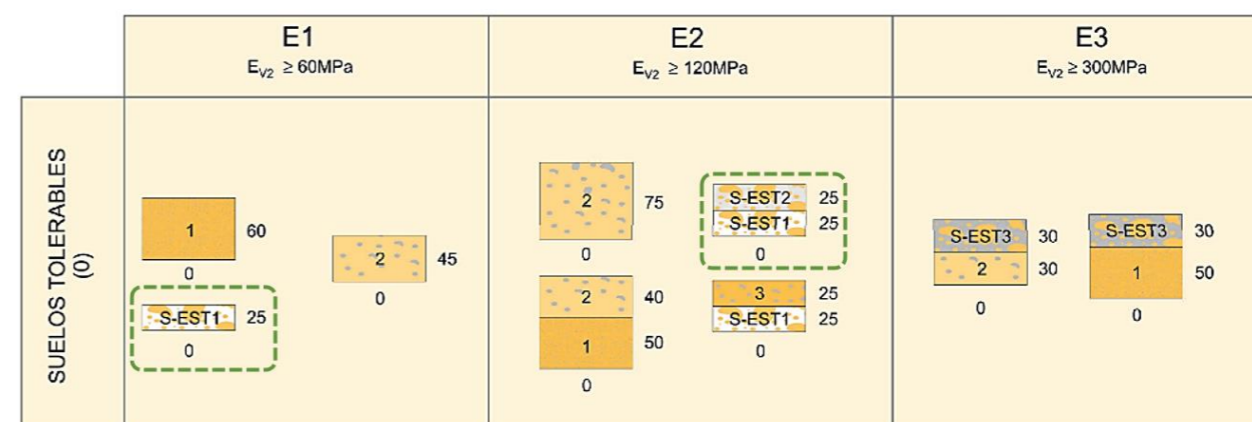
En este caso, las limitaciones granulométricas para suelos estabilizados in situ tres no sufren grandes diferencias con las limitaciones impuestas para suelos estabilizados in situ dos con cemento. Sin embargo, cabe destacar que el porcentaje que debe pasar por el tamiz 0.063 UNE es menor, aunque puede considerarse su cumplimiento en caso de interpretar que el material está bien graduado.

Atendiendo al contenido en materia orgánica y sulfatos solubles del suelo debe verificarse las mismas limitaciones impuestas para suelos estabilizados in situ dos, recogidas en la *Tabla 85*. Los contenidos no han fluctuado por lo que de nuevo se confirma su cumplimiento.

Sin embargo, al verificar las limitaciones impuestas de plasticidad puede concluirse como el límite líquido [LL – 42,1] y el índice de plasticidad [IP – 28,5] poseen valores mayores a los máximos indicados en la *Tabla 84* y con ello descartada dicha tipología para ser ejecutada.

En este caso, la única tipología de explanada posible a disponer sobre este tipo de material se corresponde con una categoría dos (E2) formada por suelos estabilizados in situ dos con cal de veinticinco centímetros de espesor compone (**S-EST2 con cal** de 25 cm).

La clasificación de los diferentes suelos de este emplazamiento pudo determinar **tolerable** a aquel que discurre por dolomías y margas permitiendo así identificar nueve tipologías de explanadas posibles a disponer sobre este material. Ninguno de los materiales de este emplazamiento se ha identificado como seleccionado, por lo que, todas aquellas compuestas por los mismos son descartadas con el objetivo aprovechar los materiales disponibles y minimizar los costes. Del mismo modo, aquellas formaciones compuestas por suelos adecuados son descartadas al tener que garantizar un índice CBR superior a cinco y en este caso dichos valores no alcanzan el mismo.



*Tabla 86. Formación explanada – secciones disponibles sobre suelo tolerable de la Zona 4  
(Fuente: Extracción Figura 1 de la Norma 6.1)*

Finalmente, las únicas formaciones de explanada disponibles a ejecutar estarán formadas por suelos estabilizados in situ siendo en particular S-EST1 para la categoría uno de la explanada y S-EST1 junto S-EST2 para la categoría dos. De nuevo, deben verificarse las limitaciones impuestas por el artículo 512 Suelos estabilizados in situ del PG-3 con el objetivo de identificar cuál de las dos formaciones disponibles es la más idónea.

- Suelos estabilizados in situ uno (S-EST1)

Este tipo de suelos estabilizados pueden ser obtenidos a partir del uso de cal o cemento lo que implica que para cada uno de ellos se realicen las comprobaciones pertinentes, ya que disponen de valores distintos en sus limitaciones.

- : S-EST1 con cal

Las limitaciones granulométricas impuestas para este tipo de formación son verificadas, pues por el tamiz 0.080 UNE pasa un alto porcentaje de material de la muestra analizada y con ello se garantiza el cumplimiento de dicha limitación. Estas limitaciones han sido recogidas en la *Tabla 81* anteriormente.

En este caso no se poseen de datos acerca del contenido en materia orgánica ni sulfatos solubles, por tanto, las limitaciones impuestas a verificar por su composición química no pueden ser verificadas. Sin embargo, atendiendo a las limitaciones impuestas a la plasticidad del suelo, recogidas en la *Tabla 82*, puede verificarse su cumplimiento al poseer un índice de plasticidad mayor a doce [IP – 18,2].

Por lo tanto, tras verificar las limitaciones impuestas puede establecerse esta tipología de explanada con cal como posible a ejecutar sobre este tipo de material.

- : S-EST1 con cemento

En este caso las limitaciones granulométricas impuestas son más restrictivas. No pueden verificarse al pasar más material de la muestra analizada por el tamiz 0.063 UNE lo cual implica que dicha formación de la explanada con suelo estabilizado in situ con cemento sea descartada.

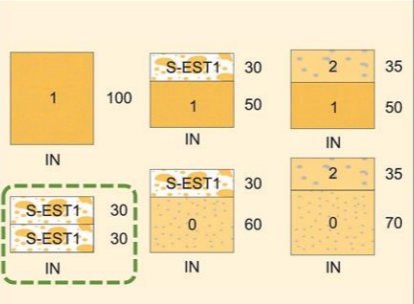
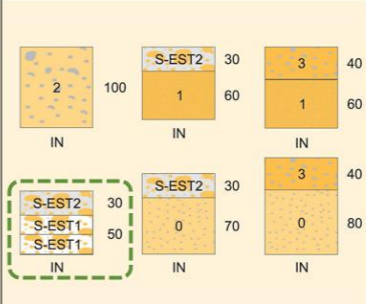
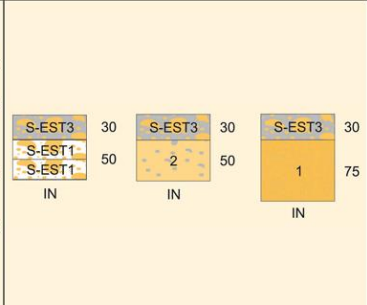
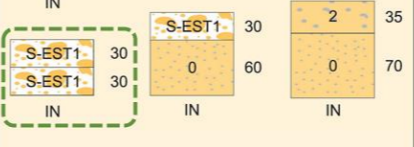
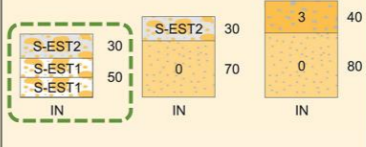
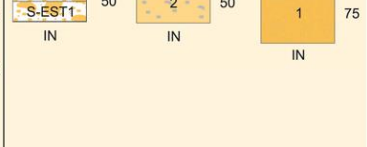
La otra posible formación de explanada a disponer posee el doble espesor a la ya analizada, por lo que, al determinar que es posible disponer la formación de categoría uno (E1) con suelo estabilizado in situ uno con cal (**S-EST1 con cal** de 25 cm) se establece la misma como la adecuada a disponer en la traza de los viales que discurren por este tipo de material.

Para finalizar, atendiendo a la clasificación llevada a cabo sobre los último material identificado sobre esta zona (ritmitas calcáreas, calizas oncolíticas y oolíticas y; margas) pudo determinarse como suelo marginal, por tanto, se identifican quince tipologías de explanadas posibles a disponer sobre este material.

Muchas de las formaciones de explanadas posibles están compuestas por suelos seleccionados y adecuados las cuales son descartadas por los mismos motivos del caso anterior, por lo tanto, únicamente existen dos formaciones compuestas por suelos estabilizados in situ las apropiadas a disponer sobre estos materiales.

La primera de ellas se corresponde con una categoría de explanada uno (E1) de suelos estabilizados in situ uno y con sesenta centímetros de espesor, en cambio, la otra disponible se corresponde con una categoría de explanada dos (E2) formada tanto por suelos estabilizados in situ uno como dos, aunque de un espesor mucho mayor (80 cm).

De nuevo, deben verificarse las limitaciones impuestas por el art. 512 Suelos estabilizados in situ del PG-3 para determinar la tipología de explanada a disponer sobre este tipo de material.

	E1 $E_{v2} \geq 60\text{MPa}$	E2 $E_{v2} \geq 120\text{MPa}$	E3 $E_{v2} \geq 300\text{MPa}$
SUELOS INADECUADOS Y MARGINALES			
			

*Tabla 87. Formación explanada – secciones disponibles sobre suelos inadecuados y marginales de la Zona 4 (Fuente: Extracción Figura 1 de la Norma 6.1)*

- Suelos estabilizados in situ uno (S-EST1)

Como se ha indicado en el caso anterior, este tipo de suelos estabilizados se pueden obtener a partir del cal o cemento por lo que se realizarán las comprobaciones necesarias para cada uno de ellos.

- : S-EST1 con cal

Las limitaciones granulométricas son verificadas pues se considera que por el tamiz 0.063 UNE pasa más del quince por ciento de la muestra analizada al pasa por el tamiz 0080 UNE el veintiuno por ciento. Sin embargo, atendiendo a las limitaciones impuestas a la plasticidad del suelo no se verifica que el índice de plasticidad es mayor a doce pues en este caso es inferior [IP – 9,8]. Por lo tanto, esta formación de explanada es descartada para ser ejecutada por el incumplimiento de las limitaciones impuesta por la norma.

- : S-EST1 con cemento

Como se recoge en la *Tabla 83* las limitaciones granulométricas son más restrictivas que en el caso anterior, sin embargo, son verificadas con éxito. Del mismo modo, las limitaciones impuestas para este caso de la plasticidad del suelo también son verificadas al poseer un índice de plasticidad menor a quince [IP – 9,8].

En este caso, las tipología de explanadas formadas con suelo estabilizado in situ uno con cemento se corresponden con las más idóneas a disponer sobre los viales que puedan discurrir sobre este material. Sin embargo, no se realizan la comprobaciones pertinentes para suelos estabilizados in situ dos, pues como se indicó anteriormente, la categoría de explanada dos (E2) formada por este tipo de suelo posee mayor espesor y con ello mayor estabilización, movimiento de tierras y coste. Por lo tanto, la explanada a disponer en los viales que discurren por este material se corresponderá con una categoría uno (E1) con suelo estabilizado in situ uno con cemento de sesenta centímetros de espesor (**S-EST1 con cemento** de 60cm).

## 12.2. Zona 5 – Vilafamés y La Pobla Tornesa

### · Cartografía

Este posible emplazamiento ubicado entre los municipios de Vilafamés y La Pobla Tornesa se caracteriza por estar ubicado a una cota entre 380 y 680 metros al identificar dichas curvas de nivel proporcionadas por el Visor cartográfico de la Generalitat Valenciana.

La cartografía exacta para realizar correctamente el diseño de la obra lineal es adquirida por el Plan Nacional de Ortografía Nacional (PNOA) la cual permitirá adecuarse con mayor precisión al terreno existente.

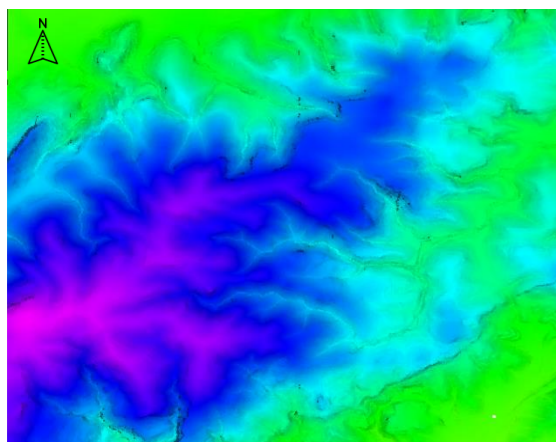


Figura 89. Nube de puntos emplazamiento Zona 5  
(Fuente: PNOA)



Figura 90. Curvas de nivel cada 100m y 20 m emplazamiento Zona 5  
(Fuente: Visor GVA)

### · Geomorfología

La geomorfología de este emplazamiento, proporcionada por el Instituto Geológico y Minero de España, queda recogida en la hoja 48 (8 – 6) denominada Vinaroz a escala 1:200.000 al igual que el emplazamiento correspondiente a la Zona 4 – Coves de Vinromà identificándose el mismo tipo de región atendiendo al relieve, pendientes tipo (I). Sin embargo, atendiendo a los criterios de división únicamente está conformado por formas de relieve abruptas (I<sub>3</sub>).

Las formas con relieve abruptas (I<sub>3</sub>) se caracterizan por una morfología con pendientes superiores al quince por ciento. Identificándose calizas, carniolas y calizas dolomíticas las cuales destacan por ser semipermeables, un gran drenaje superficial y alta capacidad de carga con la posible aparición de deslizamientos.

Atendiendo a los criterios de clasificación puede identificarse unas condiciones favorables con problemas geomorfológicos y geotécnicos.

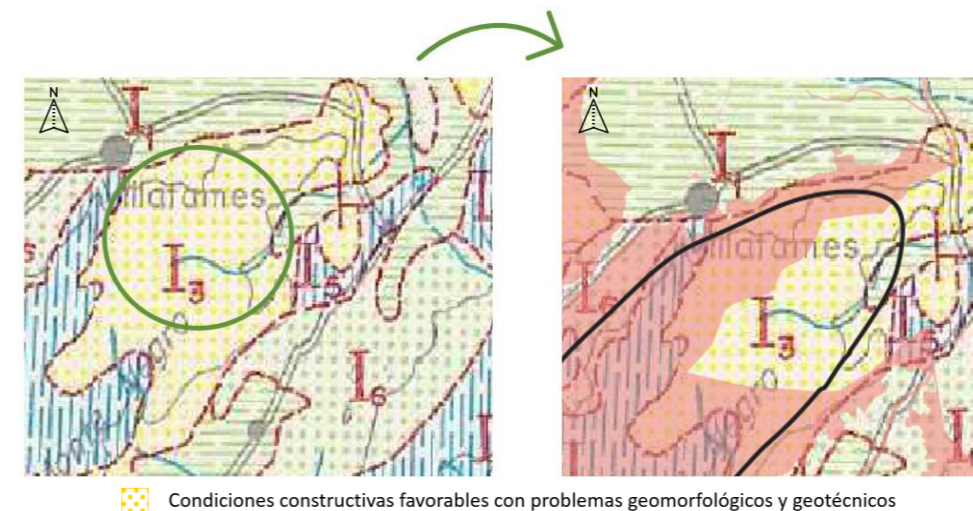
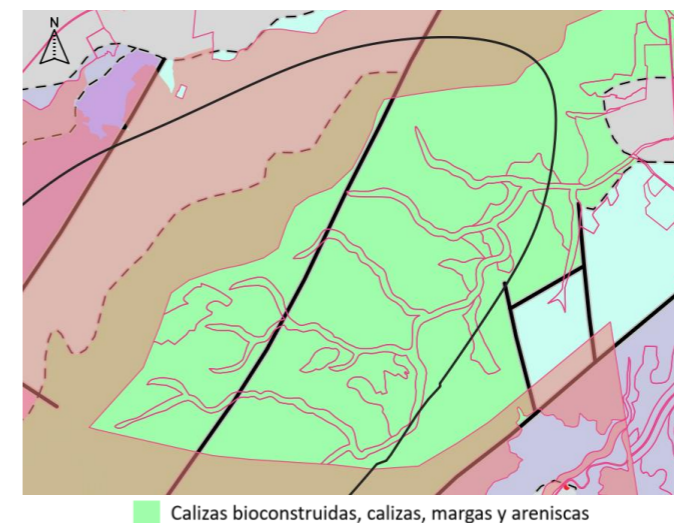


Figura 91. Geomorfología del emplazamiento de la Zona 5  
(Fuente: IGME)

### · Geología

La geología queda recogida en la Base Cartográfica Geológica de la Comunidad Valenciana (GeoCV350) elaborada por el Instituto Cartográfico Valenciano (ICV) con la colaboración del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

Se identifica un único material en la extensión que ocupa este posible emplazamiento el cual se corresponde con calizas bioconstruidas, calizas, margas y areniscas pertenecientes a la Cordillera Ibérica. Del mismo modo, atendiendo al Mapa Geológico elaborado a escala 1:350.00 puede identificarse la existencia de una falla que cruza dicho emplazamiento.



Calizas bioconstruidas, calizas, margas y areniscas

Figura 92. Geología del emplazamiento de la Zona 5  
(Fuente: ICV)

· Geotecnia

Caracterización geomecánica del terreno

Las condiciones geológicas y geotécnicas del terreno identificado sobre este posible emplazamiento serán caracterizadas a partir de sondeos y ensayos, de las muestras inalteradas obtenidas se realizarán los ensayos correspondientes para poder ser clasificado.

En este caso, el material identificado sobre este emplazamiento perteneciente al Apteniense coincide con uno de los identificados en la 12.1 Zona 4 – Coves de Vinromà, por lo tanto, se emplean los mismos datos obtenidos del sondeo realizado para la ejecución de un aparcamiento en al no encontrarse ningún ensayo más cercano que permita obtener una representación objetiva de este tipo de material.

El acta de los ensayos realizados sobre este tipo de material se recoge en el Apéndice 5 indicados en la siguiente tabla para una comprensión rápida y sencilla.

	Pasa por 5 mm (%)	Pasa por 0,080 mm (%)	Límite Líquido [LL]	Límite Plástico [LP]	Índice de plasticidad [IP]	Humedad Óptima (%)	Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/kg)
Calizas bioconstruidas, calizas, margas y areniscas	58,7	33,7	24,2	16	8,2	8,7	49,3

Tabla 88. Resultados ensayos geotécnicos materiales identificados en la Zona 5 (Fuente: ICV)

Clasificación de los suelos

La clasificación del suelo por donde discurrirán las trazas de los viales es fundamental debido al ser el soporte último y disponerse sobre él la explanada que definen los mismos, del mismo modo, se podrá determinar la posibilidad de emplearlos en las diferentes partes que caracterizan a los rellenos tipo terraplén.

De nuevo se emplea lo indicado en el “Pliego de prescripciones técnicas para obras de carreteras y puentes (Art, 330 PG-3)” al establecer las limitaciones necesarias para clasificar los suelos en España, siendo imprescindible conocer las características geomecánicas definidas anteriormente en la Caracterización geomecánica del .

El único material identificado sobre este emplazamiento coincide con uno de los identificados en la anterior 12.1 Zona 4 – Coves de Vinromà. De él se han empleado los mismos datos de sondeo al no disponer de ensayos en la zona del estudio y por ser los más próximos, por este motivo, la Clasificación de los suelos obtenida anteriormente se corresponderá con la misma al no producirse ningún tipo de variación.

Tipo material	Clasificación suelo	Zona del relleno tipo terraplén
Calizas bioconstruidas, calizas, margas y areniscas	Adecuado	Coronación, cimienta y núcleo

Tabla 89. Clasificación de los suelos Zona 5

Análisis de los desmontes

Los taludes identificados sobre el único material que caracteriza a esta zona presentan medianas dimensiones y son prácticamente verticales o semiverticales, identificándose pequeños desprendimientos.

Del mismo modo, presentan buena estabilidad atendiendo a las dimensiones que poseen para dicha inclinación además de no presentar grandes patologías, aunque posiblemente se pueda producir a largo plazo inestabilidades de tipo erosión diferencial pues las zonas más margosas se meteorizarán más rápido que las zonas calcáreas.

Los viales que se encuentren sobre este tipo de material dispondrán taludes de terraplén y desmonte con la misma inclinación identificada (1H:3V), aunque las dimensiones de la cuneta deberán garantizar la recogida de pequeños desprendimientos que puedan producirse para evitar la ocupación del vial.



Ilustración 5. Taludes existentes sobre calizas bioconstruidas, calizas, margas y areniscas de la Zona 5 (Fuente: Google)

Elección tipo de explanada

La superficie sobre la que se dispondrá la capa de rodadura de los viales deberá garantizar un correcto soporte de la misma. La tipología de terreno identificada sobre la traza de los viales permitirá determinar qué sección de explanada será la más adecuada, en este caso, se ha identificado un único material clasificado como suelo adecuado el cual coincide con uno de los identificados en la anterior Zona 4 – Coves de Vinromà.

Por lo tanto, atendiendo a lo estipulado en la Norma 6.1 IC: Secciones de firme junto con el desarrollo llevado a cabo en la Elección tipo de explanada de la zona anterior puede establecerse la misma tipología correspondiente con un categoría dos (E2) con una formación de suelo estabilizado in situ dos con cemento (S-EST2 con cemento de 25 cm) al garantizar un cumplimiento más preciso de las limitaciones impuestas por la norma e implicar un menor coste atendiendo a el espesor del resto de opciones posibles.

### 12.3. Zona 14 - Xixona

#### · Cartografía

La cartografía del emplazamiento ubicado en las inmediaciones del municipio de Xixona será obtenida mediante el sistema LiDAR proporcionada por el Plan Nacional de Ortografía Nacional (PNOA) empleándose en los softwares correspondientes para realizar un correcto diseño de la obra lineal

Atendiendo a las curvas de nivel proporcionadas por el Visor cartográfico de la Generalitat Valenciana dicho emplazamiento se caracteriza por estar ubicado entre 500 y 760 metros de altura. Aparentemente, dicha variación se produce en un espacio muy pequeño, seguramente podrán identificarse grandes pendientes.

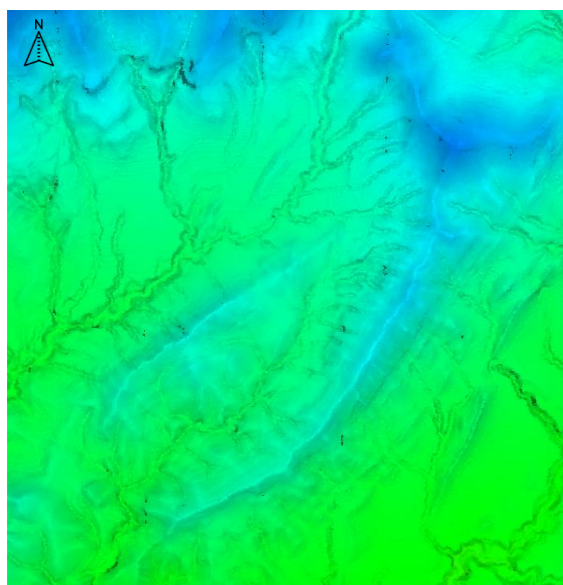


Figura 93. Nube de puntos emplazamiento Zona 14  
(Fuente: PNOA)

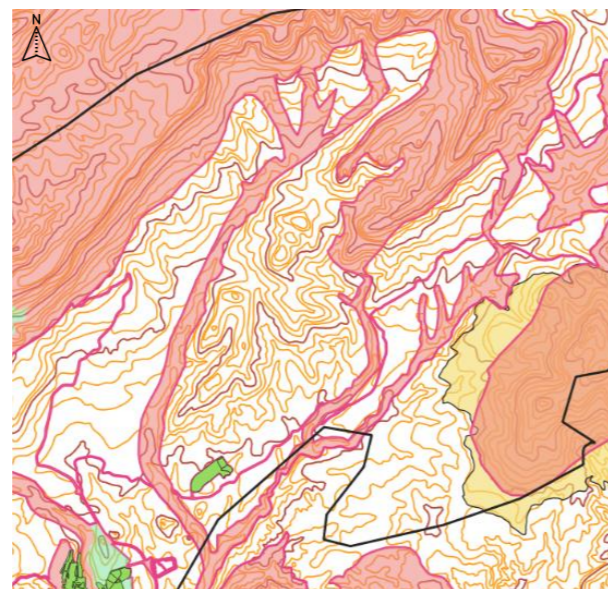


Figura 94. Curvas de nivel cada 100m y 20m emplazamiento Zona 14  
(Fuente: Visor GVA)

#### · Geomorfología

La geomorfología de este emplazamiento, proporcionada por el Instituto Geológico y Minero de España, queda recogida en la hoja 73 (8 – 9) denominada Alicante a escala 1:200.000. Se identifica una única región atendiendo al relieve correspondiéndose con materiales recientes sueltos o blandos ocupando las zonas de relieve suave o llano (I).

Atendiendo a los criterios de división se caracteriza por estar conformado únicamente por valles interiores y zonas costeras heterogéneas de materiales neógenos y cuaternarios (I<sub>4</sub>).

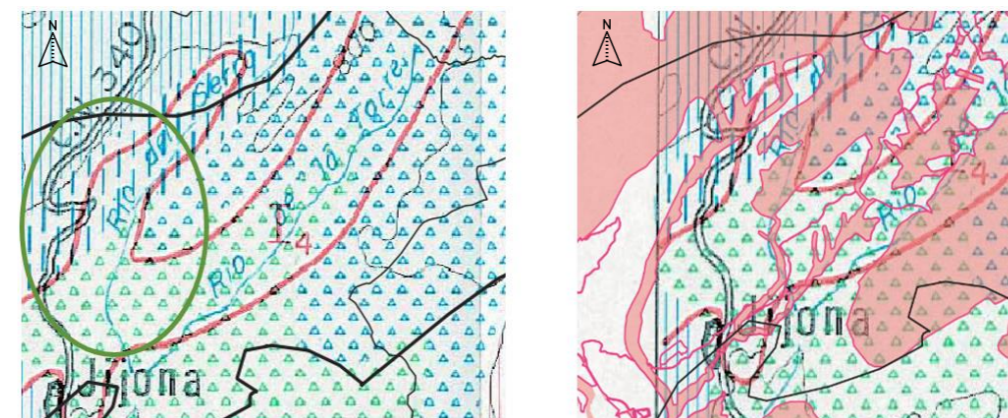
Las zonas con este tipo de relieve se caracterizan por una morfología ligeramente accidentada presentando una capacidad de carga media, sin la presencia de asentamientos y con zonas abarrancadas inestables. Todo ello sobre materiales sueltos de arenas, arcillas y gravas sobre margas medianamente compactas, lo cual destaca que exista una permeabilidad baja en conjunto y con ello la presencia de abarrancamientos.

Atendiendo a los criterios de clasificación, pueden identificarse dos condiciones constructivas y problemas existentes sobre este emplazamiento, correspondiéndose con:

- Condiciones constructivas aceptables con problemas litológicos y geomorfológicos.
- Condiciones constructivas desfavorables con problemas litológicos, geotécnicos y geomorfológicos.

Las condiciones constructivas desfavorables pueden identificarse en el norte de la extensión que ocupa este emplazamiento posible en una menor proporción que en las condiciones constructivas aceptables, las cuales deberán prestarse en gran consideración durante la construcción.

Este emplazamiento queda limitado por zonas con relieve suave o llano, por lo tanto, la adecuación de la obra lineal a este tipo de terreno atenderá a compensaciones de movimientos de tierras con pequeños volúmenes.



- Condiciones constructivas aceptables con problemas litológicos y geomorfológicos
- Condiciones constructivas desfavorables con problemas litológicos, geotécnicos y geomorfológicos

Figura 95. Geomorfología del emplazamiento de la Zona 14  
(Fuente: IGME)

#### · Geología

La geología de este emplazamiento queda recogida en la Base Cartográfica Geológica de la Comunidad Valenciana (GeoCV350) elaborada por el Instituto Cartográfico Valenciano (ICV) con la colaboración del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) recogida a escala 1:350.00 en el Mapa Geológico.

Un único material identificado en toda la extensión que ocupa este posible emplazamiento se corresponde con flysch, calizas fosilíferas y margas pertenecientes al Prebético. Del mismo modo, puede identificarse la existencia de una falla inversa o cabalgamiento que coincide con el límite del espacio disponible, por lo que, se deberá prestar atención a posibles movimientos que se puedan producir en un futuro.

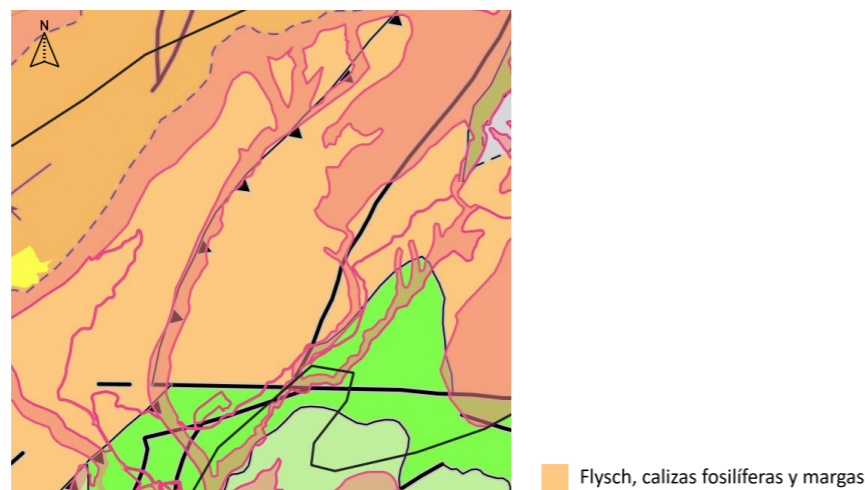


Figura 96. Geología del emplazamiento de la Zona 14 (Fuente: ICV)

· Geotecnia

Caracterización geomecánica del terreno

El análisis de las condiciones geológicas y geotécnicas del terreno influyente sobre este emplazamiento permitirá la caracterización geomecánica del subsuelo mediante diferentes sondeos y ensayos.

Flysch, calizas fosilíferas y margas pertenecientes al Paleoceno son identificadas en toda la extensión que ocupa este posible emplazamiento. A partir de las actas de los ensayos geotécnicos que proporciona el Instituto Cartográfico Valenciano, pueden emplearse los datos obtenidos de un sondeo y una cata realizados para la ejecución de un colector ubicado en el municipio de Finestrat, muy próximo a la zona del estudio, los cuales permitirán caracterizar adecuadamente este tipo de material.

Estos ensayos ejecutados sobre el material de las mismas características y diferente localización se corresponden con los indicados a continuación, asimismo, en el Apéndice 5 se recogen las actas de los ensayos realizado para cada caso.

	Pasa por 5 mm (%)	Pasa por 0,080 mm (%)	Límite Líquido [LL]	Límite Plástico [LP]	Índice de plasticidad [IP]	Humedad Óptima (%)
Flysch, calizas fosilíferas y margas	84,2	52,6	30,4	22,1	8,4	-

Tabla 90. Resultados ensayos geotécnicos materiales identificados en la Zona 14 (1/2) (Fuente: ICV)

	Densidad máxima (kN/cm <sup>3</sup> )	Índice CBR	Hinchamiento libre (%)	Materia Orgánica [MO - %]	Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/kg)	Sales Solubles [SS - %]
Flysch, calizas fosilíferas y margas	-	-	-	0,52	29,45	0,01

Tabla 91. Resultados ensayos geotécnicos materiales identificados en la Zona 14 (2/2) (Fuente: ICV)

Clasificación de los suelos

La aplicación del Art, 330 PG-3 "Pliego de prescripciones técnicas para obras de carreteras y puentes" permite identificar la clasificación del suelo a partir de las limitaciones impuestas, siendo de gran importancia al ser el suelo el soporte último de la infraestructura viaria del parque eólico.

La Caracterización geomecánica del realizada anteriormente es necesaria para poder verificar las limitaciones impuestas y con ello clasificar el suelo. En un primer lugar, dicho artículo mencionado indica que los rellenos de tipo terraplén deben estar constituidos por materiales que cumplan algunas de las dos siguientes condiciones:

- El material que pasa por el tamiz 20 UNE debe ser mayor al setenta por ciento (#20 > 70%).
- El material que pasa por el tamiz 0,080 UNE debe ser mayor o igual del treinta y cinco por ciento (#0,080 ≥ 35%).

Atendiendo al material que caracteriza este emplazamiento puede verificarse el cumplimiento de la segunda condición al superar el porcentaje mínimo de material que debe pasar por el tamiz 0,080 UNE, por lo tanto, este material que se encuentra en toda la extensión que ocupa este posible emplazamiento puede ser empleado y clasificado para rellenos de tipo terraplén.

A partir de las características que definen el material identificado en esta zona flysch, calizas fosilíferas y margas puede identificarse un suelo de tipo tolerable, ya que las condiciones impuestas para ser identificado como seleccionado o adecuado no son verificadas. A continuación, se hace referencia a las condiciones que justifican el tipo de clasificación identificado.

- Contenido en materia orgánica inferior al dos por ciento [MO – 0,52%].
- Contenido en sales solubles inferior al uno por ciento [SS – 0,01%].
- Límite líquido inferior a sesenta y cinco [LL – 26,3].

Este material puede ser empleado en cimiento y núcleo del relleno tipo terraplén a partir de lo indicado en la norma, sin embargo, es necesario realizar el ensayo correspondiente para verificar que el índice CBR es superior a tres para emplearse en dichas zonas del terraplén, asimismo, se deberá disponer de suelo adicional clasificado como seleccionado o adecuado para la coronación del relleno.

Tipo material	Clasificación suelo	Zona del relleno tipo terraplén
Flysch, calizas fosilíferas y margas	Tolerable	Cimiento y núcleo

Tabla 92. Clasificación de los suelos Zona 14



### Análisis de los desmontes

A partir del análisis de los taludes existentes del material identificado sobre este emplazamiento se puede identificar las características que los definen junto con su estabilidad y posibles patologías que puedan presentar. Todo ello permitirá definir adecuadamente los taludes de desmonte y terraplén de los viales pertenecientes a el parque eólico.

En este caso, los taludes identificados sobre flysch, calizas fosilíferas y margas se caracterizan por presentar dimensiones dispares entre sí, desde grandes alturas hasta pequeñas, aunque todos ellos presentan inclinaciones semiverticales y sin apreciar apenas desprendimientos, aunque la dimensión de la cuneta garantizará la recogida de aquellos que se puedan producir para no obstaculizar la circulación.

Aparentemente presentan buena estabilidad atendiendo a sus diferentes dimensiones y sin presentar patologías, aunque posiblemente se pueda producir a largo plazo inestabilidades de tipo erosión diferencial pues las zonas más margosas se meteorizarán más rápido que las zonas calcáreas.

Tras este análisis puede indicarse que los viales sobre este tipo de material presentarán la misma inclinación que la identificada (1H:3V), además de realizar la cuneta con las dimensiones adecuadas.



Ilustración 6. Taludes existentes sobre flysch, calizas fosilíferas y margas de la Zona 14 (Fuente: Google)

### Elección tipo de explanada

La tipología de explanada a disponer será determinada a partir de las limitaciones impuestas por la *Norma 6.1 IC: Secciones de firme*, en este caso, se diferencian múltiples tipos de explanada atendiendo el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga obtenido tras realizar el ensayo de carga con placa. Sin embargo, en este caso no se posee de dicho dato, aunque tras realizar la *Clasificación de los suelos* del material por donde puede discurrir la traza de los viales se podrá realizar adecuadamente la elección de la sección de explanada más adecuada.

	E1 $E_{v2} \geq 60\text{MPa}$	E2 $E_{v2} \geq 120\text{MPa}$	E3 $E_{v2} \geq 300\text{MPa}$																																								
SUELOS TOLERABLES (0)	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>60</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>S-EST1</td><td>25</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	1	60	0	0	S-EST1	25	0	0	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>75</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>S-EST2</td><td>25</td></tr> <tr><td>S-EST1</td><td>25</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>40</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>50</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	2	75	0	0	S-EST2	25	S-EST1	25	0	0	2	40	0	0	1	50	0	0	<table border="1"> <tr><td>S-EST3</td><td>30</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>30</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>S-EST3</td><td>30</td></tr> <tr><td>S-EST1</td><td>50</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	S-EST3	30	0	0	2	30	0	0	S-EST3	30	S-EST1	50	0	0
1	60																																										
0	0																																										
S-EST1	25																																										
0	0																																										
2	75																																										
0	0																																										
S-EST2	25																																										
S-EST1	25																																										
0	0																																										
2	40																																										
0	0																																										
1	50																																										
0	0																																										
S-EST3	30																																										
0	0																																										
2	30																																										
0	0																																										
S-EST3	30																																										
S-EST1	50																																										
0	0																																										

Tabla 93. Formación explanada – secciones disponibles sobre suelo adecuado Zona 14 (Fuente: Extracción Figura 1 de la Norma 6.1)

En este caso, no se dispone de materiales clasificados como suelos seleccionados, por este motivo, todas aquellas formaciones de explanadas definidas por dicho material serán descartadas. Únicamente podrán emplearse aquellas formadas por suelos estabilizados in situ, en particular S-EST1 para la categoría uno y la combinación de S-EST2 con S-EST1 para la categoría dos.

La formación de explanada finalmente escogida se determinará a partir de la comprobación de las limitaciones establecidas por granulometría, composición química y plasticidad del suelo impuestas por el artículo 512 *Suelos estabilizados in situ del PG-3* con el objetivo de identificar cuál de los dos formaciones disponibles es la más idónea. Ambos suelos estabilizados pueden ejecutarse tanto con cal como con cemento siendo necesario para cada caso realizar las comprobaciones pertinentes.

- Suelos estabilizados in situ uno (S-EST1)
- : S-EST1 con cal

La granulometría de este tipo de suelo deberá cumplir lo especificado en la *tabla 512.1.a* del artículo previamente indicado recogida en la *Tabla 81*. Los datos proporcionados del suelo indican que por el tamiz 80 UNE pasa el cien por cien de la muestra analizada, asimismo, el material que pasa por el tamiz 0.080 UNE se corresponde con un valor superior al quince por ciento por lo que se garantiza que por el tamiz 0.063 UNE pase un porcentaje mayor al indicado por dicho artículo.

El contenido en materia orgánica y sulfatos solubles del suelo permitirán verificar las limitaciones impuestas en la composición química del mismo, siendo necesario verificar las limitaciones indicadas en la *tabla 512.2* de la norma recogidas en la *Tabla 84*; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Tanto el contenido en materia orgánica (0,52) como el de sulfatos solubles (0,01) son menores a los valor impuestos por la norma por lo que se garantiza el cumplimiento en cuanto a su composición química.

Analizando y comprobando las limitaciones impuestas por plasticidad recogidas en la [Tabla 82](#) puede verificarse como el índice plástico es mayor al valor indicado (IP = 8,4) lo cual implica su incumplimiento y con ello queda descartada esta formación de explanada.

: S-EST1 con cemento

En este caso, la granulometría de este suelo deberá verificar lo indicado en la tabla 512.1.b del mismo artículo empleado hasta ahora, recogida en la [Tabla 83](#) de este documento. Como en el caso anterior, los datos proporcionados del suelo indican que por tamiz 80 UNE pasa el cien por cien de la muestra analizada, asimismo, el material que pasa por el tamiz 2 UNE se corresponde con un valor superior al veinte por ciento garantizando así su cumplimiento. Sin embargo, el material que pasa por el tamiz 0,08 UNE se corresponde con un valor muy próximo a cincuenta por lo que se asume que por el tamiz 0.063 UNE pase un porcentaje menor al indicado por dicho artículo y con ello el cumplimiento de las limitaciones por granulometría impuestas por la normativa.

Las limitaciones impuestas por composición química son verificadas como en el caso anterior, ya que no se ha producido ningún tipo de variación en las limitaciones a cumplir. En cambio, atendiendo a las limitaciones recogidas en la [Tabla 84](#) acerca de la plasticidad del suelo puede verificarse el cumplimiento de los mismos al ser el índice de plasticidad menor a quince (IP = 8,4).

· Suelos estabilizados in situ dos (S-EST2)

: S-EST2 con cal

Tanto la granulometría como la composición química de este tipo de suelo debe verificar las mismas limitaciones impuestas por la norma a los suelos estabilizados in situ uno con cal (S-EST1 con cal), por lo que, hasta ahora todas ellas permiten que dicha formación de explanada sea adecuada.

Atendiendo a la limitación impuesta a la plasticidad del suelo, recogida en la [Tabla 82](#), puede determinarse finalmente que dicha formación de explanada tampoco es idónea al no encontrarse el índice de plasticidad entre los valores impuestos.

: S-EST2 con cemento

De nuevo, en este caso tanto la granulometría como la composición química de este tipo de suelo son verificadas atendiendo a las mismas limitaciones impuestas por la norma a los suelos estabilizados in situ uno con cemento (S-EST1 con cemento), por lo que, hasta ahora todas ellas permiten que dicha formación de explanada sea adecuada.

Las limitaciones impuestas a la plasticidad del suelo deben verificar lo indicado en la [Tabla 84](#), donde puede comprobarse como el límite líquido posee un valor menor al indicado (LL = 30,4).

Por lo tanto, tras atender las distintas limitaciones impuestas a los posibles suelos estabilizados in situ a disponer se puede concluir como los suelos estabilizados con cal son descartados para dicha formación al no cumplir las limitaciones impuestas por plasticidad, sin embargo, es posible ejecutar la formación de la explanada con suelo estabilizado con cemento. Cada una de las explanadas se caracteriza por poseer un espesor distinto, por este motivo, la categoría de explanada uno (E1) será finalmente escogida pues la formación que la compone (**S-EST1 con cemento** de 25 cm) permitirá minimizar los costes al poseer menor espesor y con ello realizar una menor estabilización de volumen de suelo.

### 13. Recomendaciones para el diseño del trazado de los viales

El trazado de los viales que conforman cada uno de los parques eólicos deberá garantizar el cumplimiento de los principales objetivos de cualquier obra lineal junto con una correcta y fácil accesibilidad durante las diferentes fases constructivas del mismo. Con el fin de cumplir cada uno de los objetivos se encontrarán presentes durante el diseño los siguientes criterios de seguridad, funcionalidad, integración ambiental, comodidad, economía, armonía y elasticidad.

Los objetivos a cumplir están influenciados por dos tipos de factores que restringen su cumplimiento. El primero de ellos, conocido como externo, se corresponde con las características propias que define a cada uno de los emplazamientos encontrándose desarrollados en el apartado 12. **Condicionantes**. Sin embargo, el segundo factor conocido como interno atiende al propio diseño geométrico de cada infraestructura viaria lo cual implica especial atención a los datos básicos para el estudio del trazado, entre los que se encuentran la velocidad y la visibilidad.

El trazado de cualquier infraestructura viaria debe permitir circular a una velocidad razonable, garantizar visibilidad suficiente en cualquier punto para conducir y realizar maniobras en condiciones de seguridad además de facilitar una lectura e interpretación sencilla del trazado en planta para garantizar la máxima seguridad durante el recorrido.

Atendiendo a los viales de los parques eólicos dichos factores deberán ser verificados, sin embargo, los usuarios de este tipo de viales permiten caracterizarlos con una intensidad infinitamente menor y de otra tipología en comparación con los que discurren por infraestructuras de otras categorías al ser empleados para otro fin. Por lo tanto, deberán atenderse otros factores de igual o mayor relevancia para este caso, como la maniobrabilidad durante el transporte de los elementos que conforman los múltiples aerogeneradores.

El cumplimiento de la *Instrucción de Trazado 3.1. I.C.* permitirá garantizar la verificación de toda condición por parte de cualquier infraestructura viaria, se recurre así a los dos datos básicos indicados anteriormente para iniciar adecuadamente el diseño del trazado de los viales tomando como referencia lo estipulado en la misma al no ser obligado cumplimiento las limitaciones impuestas.

Destacar que, algunas de las características técnicas del aerogenerador condicionarán alguna limitación impuesta por dicha instrucción siendo necesario atender a las recomendaciones proporcionadas por la *Universidad Miguel Hernández* para el diseño de la *“Obra civil e infraestructura eléctrica de un parque eólico”* haciéndose especial mención cuando se requiera.

En primer lugar, atendiendo a lo indicado en la *Instrucción de Trazado 3.1. I.C.* el trazado será definido en relación con la velocidad a la que se estima que circulen los vehículos en condiciones de seguridad y comodidad, por lo tanto, se considera tanto la velocidad específica en una curva circular como la velocidad de proyecto para un correcto diseño.

La primera de ellas es entendida como aquella capaz de mantener un vehículo a lo largo de la curva en unas condiciones específicas la cual se obtendrá a partir de las limitaciones impuestas por dicha instrucción.

En cambio, la velocidad de proyecto es adoptada por el diseñador del trazado geométrico a partir de una serie de factores los cuales se detallan en el **Apéndice 8**. En este caso los usuarios de estos viales circularán a una velocidad muy reducida lo cual permite establecer una velocidad de 40 km/h al ser la menor considerada por la norma y con ello la menos restrictiva para el diseño.

Las infraestructuras viarias a diseñar sobre los diferentes emplazamientos se corresponderán con una categoría **C-40** perteneciente al **Grupo 3** atendiendo a la clasificación llevada a cabo por la *Instrucción de Trazado 3.1. I.C.*

El segundo dato básico para iniciar adecuadamente el diseño del trazado de los viales se debe garantizar visibilidad en cualquier punto en función de la forma, disposición y dimensiones de los elementos del trazado. Asimismo, será necesario una visibilidad mínima para efectuar distintas maniobras en condiciones de comodidad y seguridad. La instrucción considera cuatro tipos de visibilidad diferentes donde todas ellas deberán ser superiores a su respectiva distancia para un correcto diseño las cuales se indican en el **Apéndice 8**. Sin embargo, no se procederá a su comprobación una vez finalizado el diseño de los diferentes viales ya que por ellos no circularán vehículos a altas velocidades ni tampoco aleatorios al conocer en todo momento la circulación de vehículos pesados durante la fase construcción.

Las infraestructuras viarias están compuestas por diferentes elementos básicos siendo necesario distinguir si se trata de la planta, el alzado o la sección transversal. Sobre cada uno de ellos la *Instrucción de Trazado 3.1. I.C.* establece unas condiciones a cumplir con el objetivo de ejecutar un correcto diseño que permita alcanzar los objetivos indicados anteriormente, además de permitir una correcta coordinación entre ellos.

En el **Apéndice 8** se desarrollan las especificaciones a cumplir por cada elemento básico del trazado de los diferentes viales que conformen cada parque eólico atendiendo a la velocidad de proyecto establecida, sin embargo, en la siguiente *Tabla 94*, *Tabla 95* y *Tabla 96* se indican las restricciones más relevantes a cumplir para una mejor y rápida comprensión. Queda omitida la coordinación de radios consecutivos en planta junto a la coordinación de planta y alzado pues se prioriza el cumplimiento de otras restricciones debido al tipo de vehículos que circularan por los mismos.

TRAZADO EN PLANTA				
Alineaciones rectas		Curvas circulares		Curvas de acuerdo
Longitudes máximas ( $L_{max}$ )	668 m	Radio mínimo	50 m	Necesarias si los radios de las curvas circulares son menores a 2.500 m
Longitud mínima entre radios de curvatura				
de sentido contrario ( $L_{min,s}$ )	56 m	Peralte máximo	7 %	Las longitudes y parámetros deben cumplir las limitaciones impuestas por la instrucción, indicadas en el <b>Apéndice 8</b>
con mismo sentido ( $L_{min,o}$ )	111 m			

*Tabla 94. Limitaciones impuestas para el diseño del trazado en planta (Fuente: Instrucción de trazado 3.1. I.C.)*

TRAZADO EN ALZADO			
Inclinación rasantes		Parámetro mínimo acuerdos verticales	
Máxima	7 %	Convexos	
		· Visibilidad de parada	250 m
		· Visibilidad de adelantamiento	300 m
Excepcional	10 %	Cóncavos	
		· Visibilidad de parada	760 m
		· Visibilidad de adelantamiento	2.400 m

*Tabla 95. Limitaciones impuestas para el diseño del trazado en alzado (Fuente: Instrucción de trazado 3.1. I.C.)*

DIMENSIONES SECCIÓN TRANSVERSAL Vía de servicio de doble sentido						
Carriles	Arcenes		Bermas	Bombeo	Pendientes transversales en curvas	Sobreebanco
	Interior Izquierdo	Exterior Derecho				
3,00 a 3,50 metros	0,50 a 3,50 metros		0,50 metro (inclinación 4%)	≥ 2%	· Igual que el peralte en calzada y arcén · > 4% bermas, aumentando en curvas	Cuando el radio de las curvas circulares es inferior a 250 m

Tabla 96. Limitaciones impuestas para el diseño de la sección transversal (Fuente: Instrucción de trazado 3.1. I.C.)

Analizando las limitaciones impuestas por la *Instrucción de Trazado 3.1. I.C.* puede apreciarse como algunas de ellas no podrán verificarse debido a la longitud de las palas de los aerogeneradores ni tampoco por las recomendaciones indicadas por la *Universidad Miguel Hernández*.

La longitud de las palas de los aerogeneradores se corresponde con 62,2 metros siendo necesario mediante un tráiler adecuado para este fin ser transportadas a partir de una plataforma que permita asentarlas en sus extremos junto en el centro debido a su longitud, peso y anchura. Atendiendo a todo ello dicha longitud de transporte ascenderá a prácticamente 64 metros la cual se establece como longitud mínima de rectas para que pueda realizarse un correcto diseño de los viales, aunque se intentará que dichas longitudes sean superiores.

Del mismo modo, los radios de los acuerdos circulares deberán poseer mayores longitudes para poder garantizar un correcto giro durante el transporte y no se produzcan problemas de maniobrabilidad. Sin embargo, en caso de no ser posible la disposición de grandes radios debido a la orografía será indispensable su verificación a partir del software apropiado.

Atendiendo de nuevo a la complicada orografía que suelen presentar los emplazamientos de los parques eólicos, las pendientes longitudinales y transversales también se verán afectadas a partir de dichas recomendaciones con el objetivo de garantizar una circulación sin dificultades junto con una buena evacuación del agua superficial. En caso de mejorar la tracción de los neumáticos podrá disponerse un firme de hormigón que permitirá disponer pendientes superiores, por lo tanto, todas las pendientes recomendadas se recogen en la *Tabla 98*.

El parámetro de los acuerdos verticales deberá garantizar en cualquier caso el paso de los vehículos empleados durante el transporte de elementos de gran envergadura con el fin de evitar que se queden inmovilizados debido a su longitud, por lo tanto, los valores recogidos en la *Tabla 98* son de referencia para un primer diseño. Se deberá comprobar que existe una diferencia de cota menor a la que existe entre la carrocería y el suelo (0,407 m del vehículo empleado en la simulación) entre el punto más alto o bajo del acuerdo parabólico y la cota de las ruedas del vehículo siendo calculada a partir de la distancia que existe entre ruedas (38,1 m).

Por último, resaltar que debido a las características de los elementos a transportar los vehículos serán de unas dimensiones excepcionales siendo necesario comprobar la sección transversal tipo indicada por la instrucción para un transporte adecuado. Atendiendo a todos los elementos que conforman una sección tipo puede establecerse un máximo de 8 metros a partir de la clasificación de vía efectuada, este ancho total se encuentra entre los valores recomendados (5 – 11 metros) por lo que se seguirá manteniendo el mismo para el diseño.

Sin embargo, la disposición de los arcenes es secundaria al poder alcanzar el ancho del vial únicamente con el carril, por lo que, no se contemplarán para la definición de la sección transversal.

Como se ha indicado anteriormente será indispensable la ejecución de un sobreebanco en las curvas sin atender al radio mínimo impuesto en las curvas circulares, sin embargo, mediante la simulación de circulación del vehículo con el software empleado se verificará la necesidad de dicha ejecución.

Una vez atendidas las recomendaciones propuestas por la *Universidad Miguel Hernández* junto con las limitaciones impuestas por la *Instrucción de trazado 3.1. I.C.* se realizará el diseño de la obra lineal a partir de las siguientes especificaciones para cada elemento básico, indicadas en las siguientes tablas. En cualquier caso, se realizará una simulación del transporte con los softwares adecuados para verificar el correcto diseño realizado pues en algunas ocasiones no será factible el cumplimiento de todas limitaciones.

TRAZADO EN PLANTA		
Alineaciones rectas	Curvas circulares	Curvas de acuerdo
Longitudes máximas ( $L_{max}$ )	668 m	Necesarias si los radios de las curvas circulares son menores a 2.500 m
Longitud mínima entre radios de curvatura		
de sentido contrario ( $L_{min,s}$ )	64 m	Las longitudes y parámetros deben cumplir las limitaciones impuestas por la instrucción, indicadas en el <a href="#">Apéndice 8</a>
Con mismo sentido ( $L_{min,o}$ )	111 m	
	Radio mínimo	50 m
	Peralte máximo	2 %
	mínimo	0,2%

Tabla 97. Especificaciones a cumplir por el trazado en planta (Fuente: Instrucción de trazado 3.1. I.C. y recomendaciones Universidad Miguel Hernández)

TRAZADO EN ALZADO			
Inclinación rasantes		Parámetro mínimo acuerdos verticales recomendados	
Si coincide con un tramo recto en planta		Convexos	
· Sin hormigonar, tramo < 200 m	10-13 %	· Visibilidad de parada	300 m
· Hormigonado	> 13 %	· Visibilidad de adelantamiento	300 m
Si coincide con un tramo curvo en planta		Cóncavos	
· Sin hormigonar	6-7 %	· Visibilidad de parada	760 m
· Hormigonado	> 10 %	· Visibilidad de adelantamiento	2.400 m

Tabla 98. Especificaciones a cumplir por el trazado en alzado (Fuente: Instrucción de trazado 3.1. I.C. y recomendaciones Universidad Miguel Hernández)

DIMENSIONES SECCIÓN TRANSVERSAL Vía de servicio de doble sentido				
Carril	Bermas	Bombeo	Pendientes transversales en curvas	Sobreebanco
8 metros	0,5 metro (inclinación 4%)	2%	Igual que el peralte en calzada y arcén	No indispensable en caso de una buena maniobrabilidad con la sección indicada

Tabla 99. Especificaciones a cumplir por la sección transversal (Fuente: Instrucción de trazado 3.1. I.C. y recomendaciones Universidad Miguel Hernández)

La formación de los viales estará compuesta por dos capas diferenciadas. La primera de ellas ha sido seleccionada anteriormente en el apartado **Elección tipo de explanada** para cada caso la cual poseerá un espesor variable en función de cada una de ellas. La segunda y última se corresponde con la capa de rodadura de cada una de ellas formada por zahorras naturales o artificiales de treinta centímetros de espesor cuyas características generales y de composición química deberán verificar a lo estipulado en el apartado de *Zahorras del PG3*.

Durante la fase de construcción es necesario la ejecución de plataformas de montaje y acopio de material al margen de los aerogeneradores siendo regeneradas una vez finalizados los trabajos de montaje mediante el aprovechamiento de la tierra vegetal que se haya retirado en cada una de las superficies afectadas.

Las dimensiones de las plataformas estarán condicionadas por cada fabricante, sin embargo, atendiendo a las recomendaciones proporcionadas por la *Universidad Miguel Hernández* se establecen las siguientes dimensiones mínimas de la *Tabla 100* en función de la altura de las torres y la ubicación de cada plataforma de si se encuentra en una zona intermedia o final del vial. La superficie de cada una de ellas deberá garantizar el drenaje hacia la zona opuesta del vial de acceso, asimismo, no se deberán ejecutar áreas cóncavas por el peligro de formación de charcos y con ello de fluencia del material tras la aplicación de grandes presiones. Debido a la complejidad de su diseño no queda abarcado el mismo en este estudio, sin embargo, se considera de manera representativa al movimiento de tierras que supondrían en la fase de construcción debido a la ejecución y posteriormente la regeneración de las mismas a partir de la tierra vegetal retirada con anterioridad.

	Ubicación	
	Zona intermedia	Final del vial
Dimensiones plataforma	30 x 35 metros	35 x 40 metros

*Tabla 100. Dimensiones plataformas para torres de 100 metros de altura  
(Fuente: Recomendaciones Universidad Miguel Hernández)*

En todos los casos durante el diseño de los viales se deberá intentar producir el menor movimiento de tierras junto con el menor impacto posible sobre el medio ambiente. Los materiales de desmonte se emplearán para la ejecución de los taludes de terraplén y formación de explanada con el objetivo de compensar volúmenes en la medida de lo posible y evitar así el transporte a vertedero.

## 14. Trazado de los viales

Una vez determinada la ubicación y el número de aerogeneradores a disponer junto con el análisis de las características físicas del entorno de cada uno de los emplazamientos óptimos es posible realizar el diseño de los viales que conformarán cada uno de ellos atendiendo a las recomendaciones indicadas anteriormente en el apartado 13. [Recomendaciones para el diseño del trazado de los viales.](#)

En los siguientes apartados correspondientes a cada una de las zonas se detallan las características técnicas definidas para cada una de ellas.

### 14.1. Zona 4 – Coves de Vinromà

La determinación de la [Disposición en planta de los aerogeneradores](#) que conforman esta [Zona 4 – Coves de Vinromà](#) ha conllevado la necesidad de diseñar la obra lineal de manera que puedan alcanzar las cuatro hileras que la conforma, del mismo modo, todas ellas estarán conectadas a partir de un vial principal que permitirá la correcta comunicación entre ellas y la conexión con la carretera CV-10 por el oeste.

Tras atender a la geomorfología, la ubicación de los múltiples aerogeneradores, los límites de planeamiento y aprovechamiento energético, la red de carreteras y vías pecuarias que caracterizan a este emplazamiento ha conllevado que la obra lineal esté formada por [12.248,25 metros](#) repartidos en cinco alineaciones de distintas características.



Figura 97. Trazado en planta de los viales que conforman el parque eólico de la Zona 4  
(Fuente: propia)

La primera alineación, correspondiente con aquella que permite la correcta conexión entre hileras y por alcanzar la última hilera de aerogeneradores que caracteriza a este emplazamiento siendo exactamente dos aerogeneradores, posee [8.007,893 metros](#) de longitud repartidos entre ciento once elementos en planta y cincuenta y siete elementos en alzado.

La segunda alineación con [1.057,674 metros](#) permite discurrir por la primera hilera de aerogeneradores capaz de alcanzar tres de los diecisiete aerogeneradores que conforman este emplazamiento. En este caso, esta alineación está formada por menos elementos en comparación con la alineación anterior debido a su longitud, siendo diecisiete elementos en planta y siete elementos en alzado. La siguiente alineación posee múltiples similitudes con la recién comentada al discurrir de nuevo por una hilera de aerogeneradores y por los kilómetros que la definen ([952,824 metros](#)), sin embargo, en este caso trece elementos en planta como en alzado permiten su definición.

La penúltima y cuarta alineación se caracteriza por poseer la mayor longitud de las alineaciones que discurren por las hileras determinadas con [2.229,859 metros](#) al permitir alcanzar el mayor número de aerogeneradores siendo siete exactamente. El número de elementos que la definen tanto en planta (veinte y tres elementos) como en alzado (trece elementos) se corresponden con un número pequeño para la longitud que la caracteriza, sin embargo, todos ellos permitirán una buena circulación y caracterización de la misma.

Por último, la quinta alineación únicamente es definida para alcanzar uno de los aerogeneradores dispuestos en la última hilera a partir de [86,334 metros](#) de longitud con un único elemento en planta y tres en alzado.

Sobre los elementos de distintas características que definen las cinco alineaciones de la obra lineal a ejecutar sobre este emplazamiento se han realizado las comprobaciones necesarias para verificar su diseño del trazado geométrico atendiendo tanto a las limitaciones impuestas por la norma como a las recomendaciones seguidas, todas ellas recopiladas en el apartado correspondiente a esta alineación del [Apéndice 9](#) y [Apéndice 10](#).

Algunas de las [Recomendaciones para el diseño del trazado de los viales](#) a tener en cuenta no han podido ser verificadas, como ocurre en el caso de las longitudes de los acuerdos rectos en planta y el valor del parámetro de los acuerdos parabólicos en alzado. Sin embargo, tras la simulación del vehículo del transporte durante su circulación y la comprobación sobre el parámetro del menor valor puede identificarse la correcta circulación y la imposibilidad del estancamiento del vehículo empleado para el transporte por todas las alineaciones.

Destacar la verificación de las pendientes longitudinales impuestas sobre la mayoría de las alineaciones, ya que no superan el máximo valor ni tampoco son inferiores al mínimo recomendado. Únicamente resaltar las pendientes definidas para la quinta alineación pues al ser necesario alcanzar un aerogenerador a una elevación superior ha hecho que las mismas superen dichos valores, sin embargo, al no ser muy elevadas ([14,51%](#) y [15,46%](#)) se consideran aceptables atendiendo a la orografía de la zona y la necesidad de alcanzar dicha ubicación.

La disposición de diferentes alineaciones conlleva la necesidad de realizar una correcta conexión entre ellas atendiendo a la poca maniobrabilidad del vehículo empleado para el transporte de los elementos de mayores dimensiones, por este motivo, se realiza el diseño de las cuatro intersecciones necesarias a partir de las envolventes que genera el vehículo empleado junto con la especial atención de las características en planta y alzado de las dos alineaciones conectadas con el objetivo de garantizar la perfecta continuidad entre ellas.

Destacar que todas las alineaciones han sido diseñadas de manera que se alcance una pendiente máxima transversal del 2% como indicaban las recomendaciones proporcionadas por la *Universidad Miguel Hernández*, asimismo, se ha tenido en cuenta lo indicado en la instrucción de trazado para la transición del mismo entre curvas siendo necesario atender a la longitud de los elementos rectos que existe entre ellas.

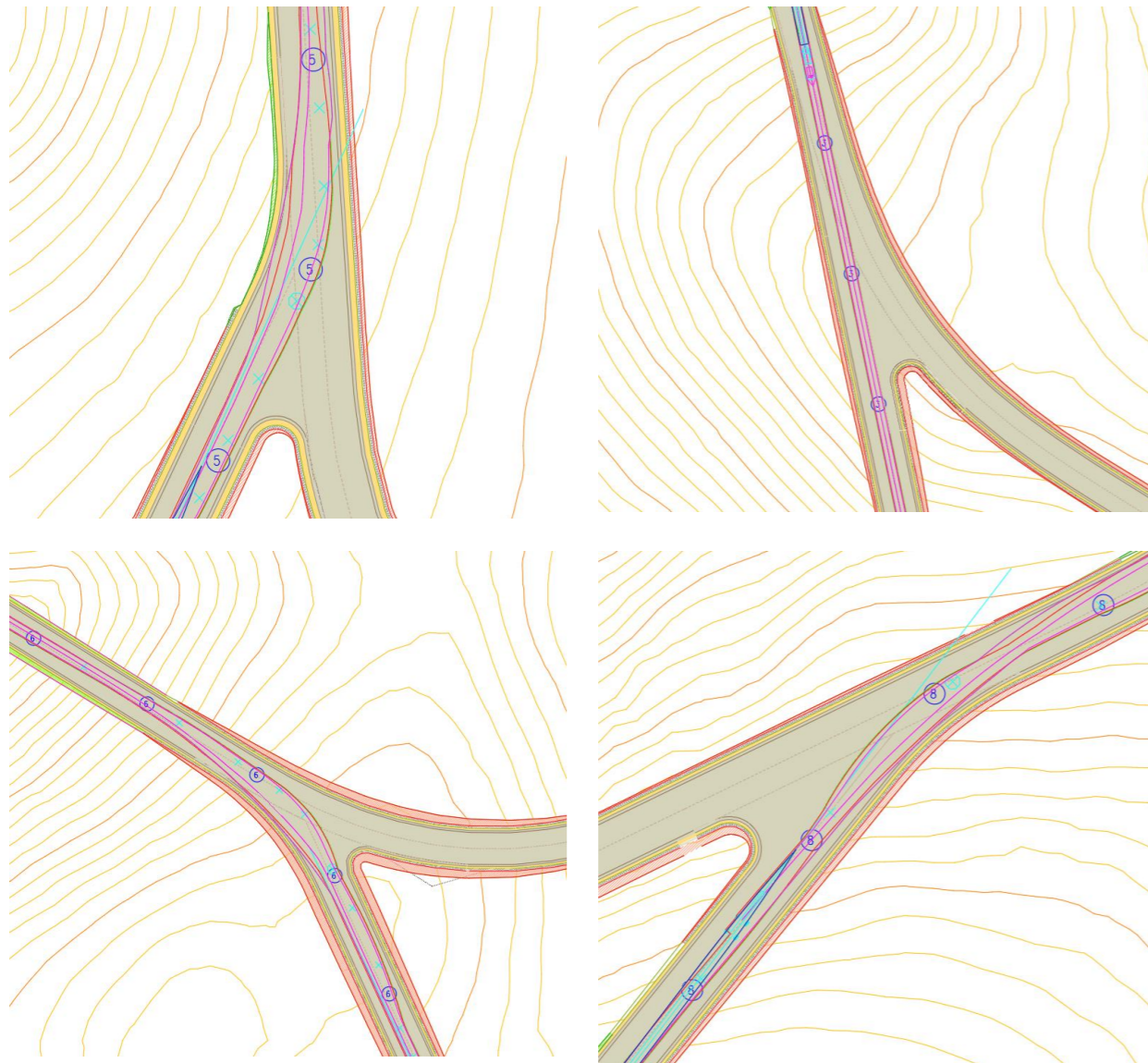


Figura 98. Intersecciones diseñadas a partir de envolventes de la Zona 4 (Fuente: propia)

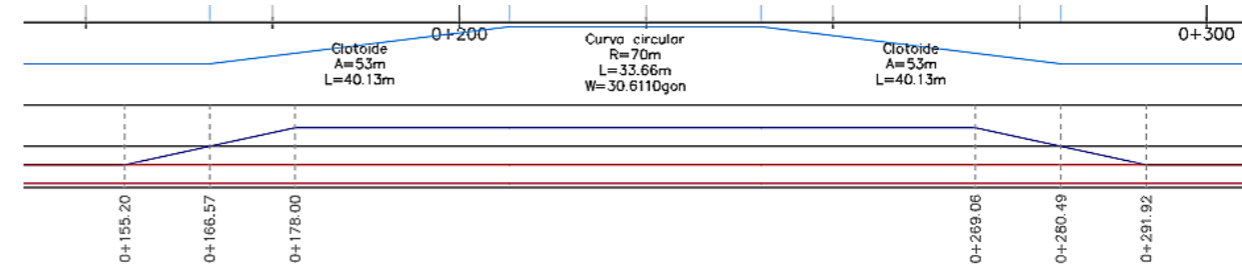


Figura 99. Diagrama de curvatura y peraltes de un tramo de vial de la Zona 4 (Fuente: propia)

En los **planos** trazados para este emplazamiento puede observarse con mayor detalle por donde discurre la traza de las cinco alineaciones que conforman esta obra lineal y las cuatro intersecciones ejecutadas. Para todas ellas queda definido su perfil longitudinal, el diagrama de peraltes, el diagrama de curvatura y las secciones transversales tipo a disponer.

## 14.2. Zona 5 – Vilafamés y La Pobla Tornesa

La **Disposición en planta de los aerogeneradores** de esta **Zona 5 – Vilafamés y La Pobla Tornesa** junto con las dificultades orográficas, límites de planeamiento, red de carreteras y vías pecuarias que la caracterizan ha conllevado que la obra lineal esté formada por tres alineaciones diferentes, las cuales definen un total de 7.124,113 kilómetros.

La primera alineación permite la conexión por el norte con la carretera CV-160 y de la mayoría de los aerogeneradores que conforman este emplazamiento, cinco exactamente, correspondiéndose con el vial principal. Posee una longitud de 6.555.220 metros formada por sesenta y un elementos en planta y veinticinco en alzado de diferentes características.

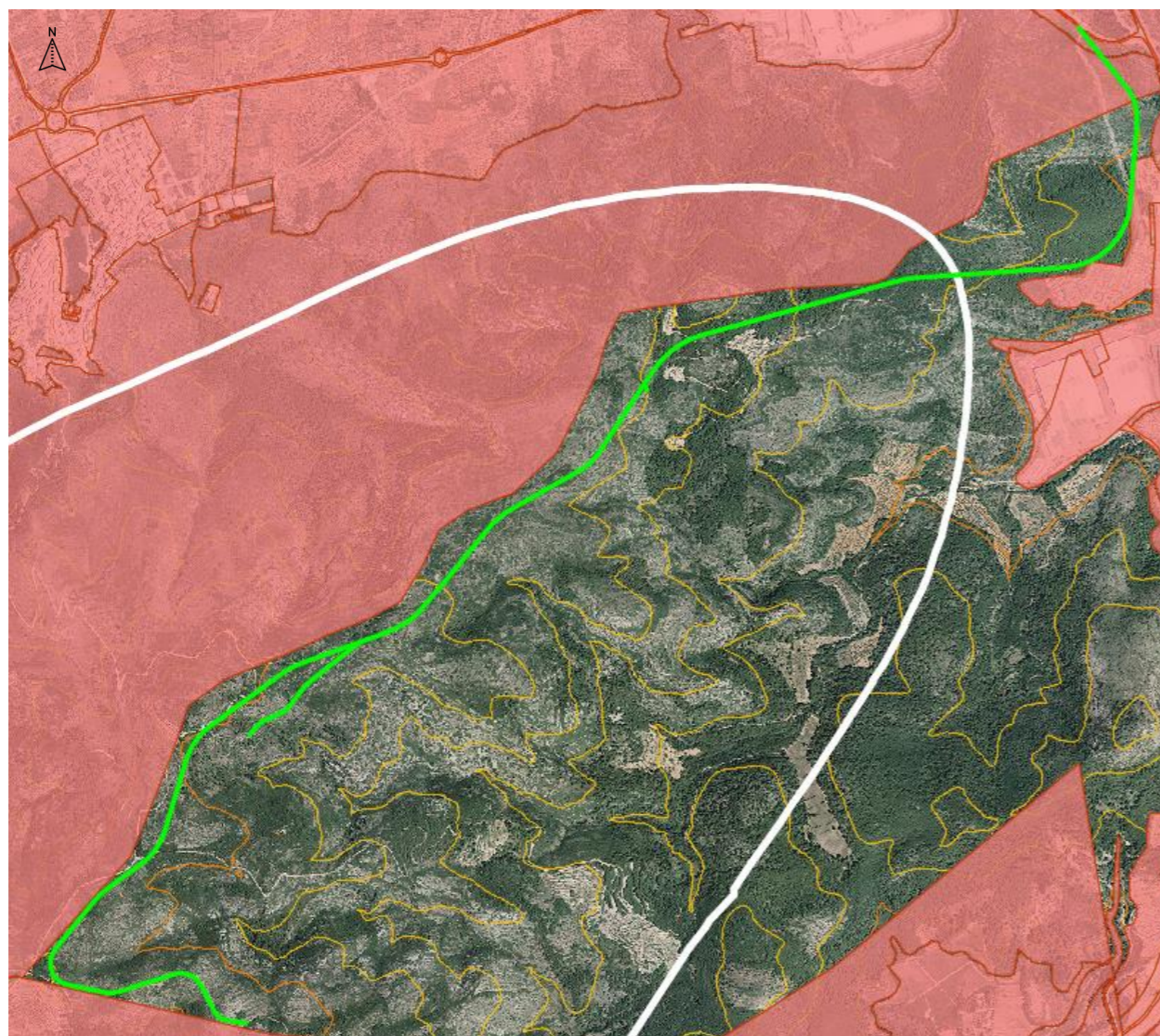


Figura 100. Trazado en planta de los viales que conforman el parque eólico de la Zona 5  
(Fuente: propia)

En la mayoría de los casos los elementos verifican tanto las limitaciones impuestas por normativa como las recomendaciones empleadas, sin embargo, los restantes serán validados tras comprobar la correcta circulación del vehículo que transporta los elementos más pesados y de mayor longitud a partir de la simulación con el software empleado.

En este caso, atendiendo a el trazado en planta se incumple la longitud mínima de tres rectas en función del giro a realizar entre curvas junto con el parámetro mínimo de cuatro acuerdos parabólicos del trazado en alzado debido a la priorización de una implementación de pendientes longitudinales más tendidas y una adaptación al terreno más ajustada para reducir el movimiento de tierras.

Como se ha indicado anteriormente, se simula la circulación del vehículo por todo el trazado en planta lo que no permite identificar ninguna dificultad durante su trayecto. Sin embargo, en el caso de los acuerdos parabólicos que conforman el trazado en alzado se realiza sobre el acuerdo con menor valor de parámetro (904 m) lo indicado en el apartado 13. **Recomendaciones para el diseño del trazado de los viales** con el fin de verificar que no se quede en ningún caso inmovilizado el vehículo produciéndose todo lo contrario, lo cual permite considerar correcto el diseño realizado.

La segunda alineación que caracteriza esta obra lineal posee únicamente 25,479 metros de longitud, formada por una recta en planta y una tangente en alzado, la cual permite una mayor accesibilidad a la plataforma del segundo aerogenerador que conforma este emplazamiento.

La última y tercera alineación permite alcanzar los dos aerogeneradores restantes mediante una longitud de 517,935 metros. Las curvas circulares se caracterizan por no poseer sus respectivas curvas de transición debido a la dificultad de emplazar la consecución de acuerdos rectos y curvos en dicha cartografía.

Como en la primera alineación se lleva a cabo la verificación tanto de las limitaciones impuestas por la normativa como de las recomendaciones de todos los elementos que la definen, siendo necesario el empleo del software para la simulación de la circulación del vehículo por todo su trazado al no garantizar la longitud mínima de las rectas.

En el **Apéndice 9 y 10** pueden consultarse tanto el estado de alineaciones como de rasantes de cada una de las alineaciones que conforman la obra lineal de este emplazamiento, así como las comprobaciones llevadas a cabo en el acuerdo vertical con menor parámetro. Puede verificarse como en las tres alineaciones las pendientes longitudinales impuestas no superan el máximo valor ni tampoco son inferiores al mínimo recomendado.

La alineación principal debe permitir una conexión con las dos alineaciones auxiliares de manera que no sea necesaria una maniobrabilidad exagerada del vehículo de grandes dimensiones, por ello, han sido diseñadas a partir de las envolventes que genera el vehículo empleado. En ambos casos debe prestarse gran atención a las características en planta y alzado que definen las dos alineaciones conectadas para garantizar la perfecta continuidad entre ellas.



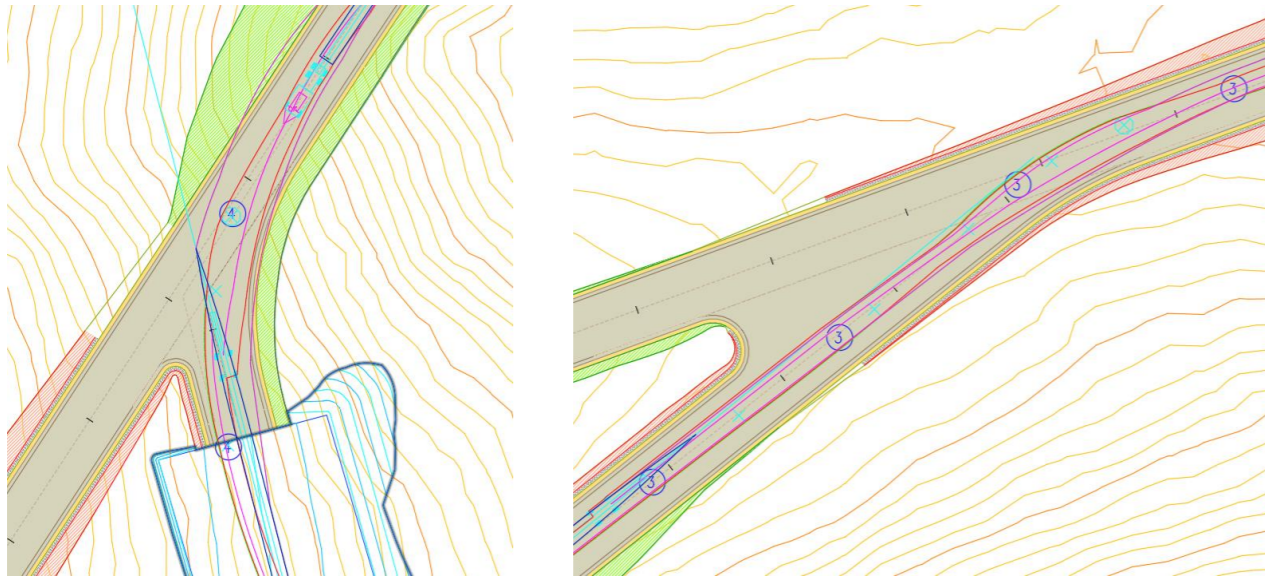


Figura 101. Intersecciones diseñadas a partir de envolventes de la Zona 5  
(Fuente: propia)

Destacar que todas las alineaciones han sido diseñadas de manera que se alcance una pendiente máxima transversal del 2% como indicaban las recomendaciones proporcionadas por la *Universidad Miguel Hernández*, asimismo, se ha tenido en cuenta lo indicado en la instrucción de trazado para la transición del mismo entre curvas siendo necesario atender a la longitud de los elementos rectos que existe entre ellas.

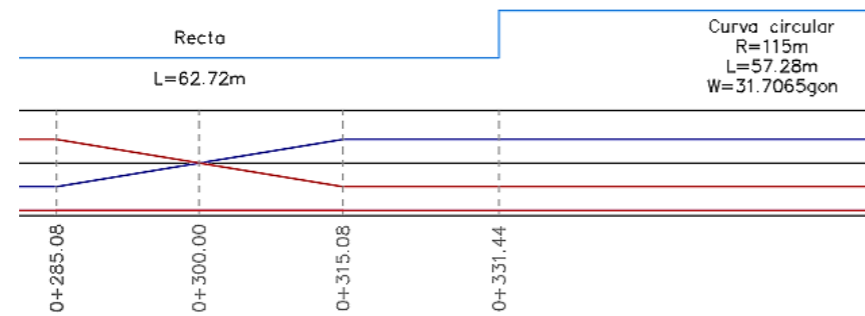


Figura 102. Diagrama de curvatura y peraltes de un tramo de vial de la Zona 5  
(Fuente: propia)

En los **planos** trazados para este emplazamiento puede observarse con mayor detalle por donde discurre la traza de las tres alineaciones que conforman esta obra lineal y las dos intersecciones ejecutadas. Para todas ellas queda definido su perfil longitudinal, el diagrama de peraltes, el diagrama de curvatura y las secciones transversales tipo a disponer.

### 14.3. Zona 14 – Xixona

Tras la **Disposición en planta de los aerogeneradores** que conforman esta **Zona 14 - Xixona** pudo establecerse únicamente una única hilera de aerogeneradores lo cual llevaría a pensar la ejecución de una única alineación para poder alcanzar la ubicación de cada uno de ellos, sin embargo, debido a la geomorfología que define a este emplazamiento ha sido necesario la definición de cuatro distintas para conseguir en la medida de lo posible una buena adaptación al terreno que permita un transporte fácil y sencillo.

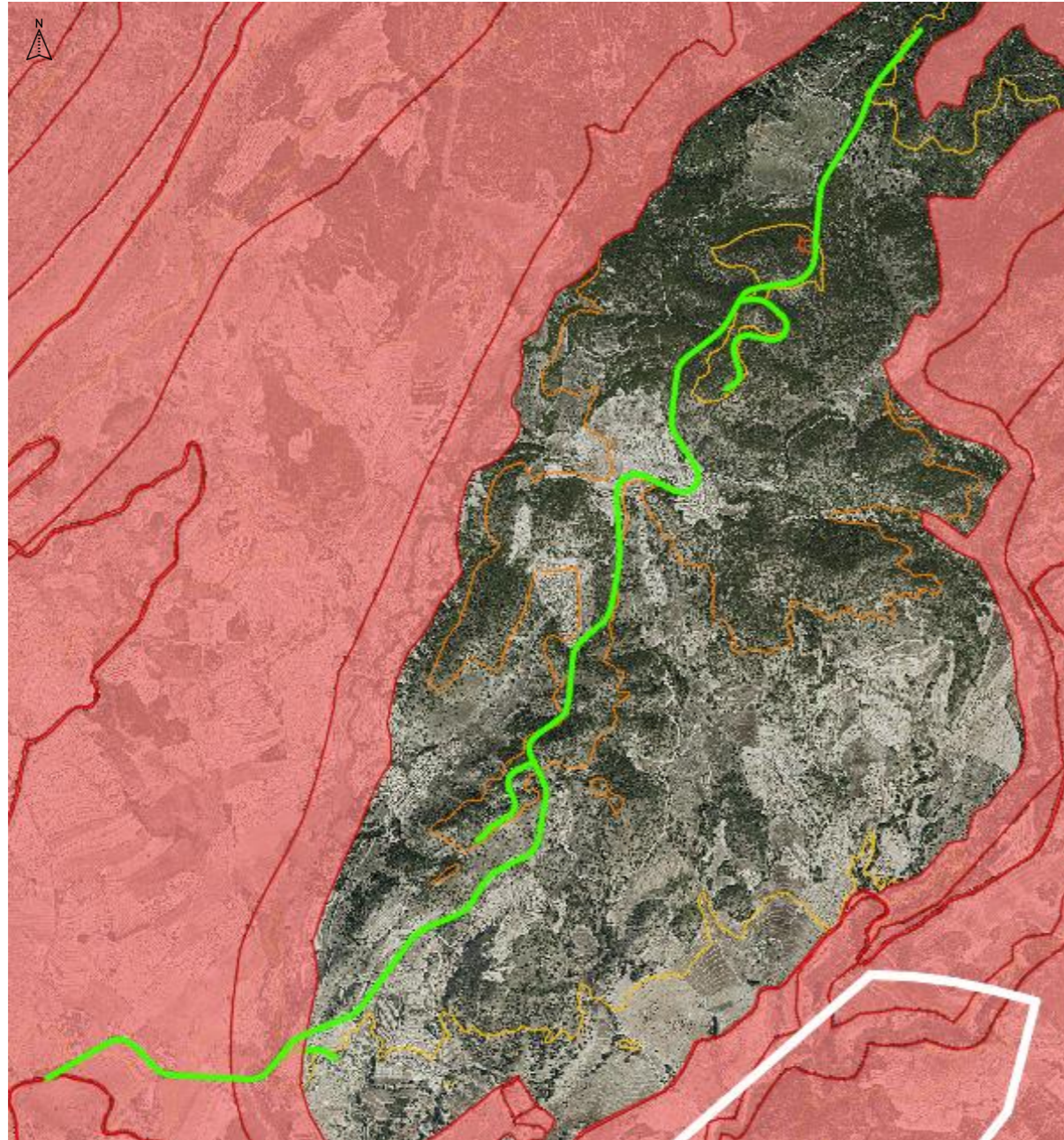


Figura 103. Trazado en planta de los viales que conforman el parque eólico de la Zona 14  
(Fuente: propia)

La obra lineal de este emplazamiento posee finalmente **7.280,345 metros** cuya conexión se realiza por el sur con la carretera CV-780 mediante la alineación principal que define el parque eólico de este emplazamiento. Esta primera alineación permite la circulación hacia el resto de las alineaciones y conexión directa con siete de los aerogeneradores a disponer, todo ello a partir de **6.100,345 metros** repartidos entre noventa y siete elementos en planta y veinte y cinco elementos en alzado.

En el apartado correspondiente a esta alineación del **Apéndice 9 y 10** quedan recogidas las comprobaciones realizadas para verificar su diseño del trazado geométrico para lo que se atienden tanto a las limitaciones impuestas por la norma como a las recomendaciones seguidas. Puede observarse como algunas longitudes de acuerdos rectos en planta no permiten su cumplimiento, sin embargo, tras la simulación del vehículo del transporte durante su circulación no se ha podido encontrar ninguna dificultad y por ello se asume un correcto diseño de dicha alineación. En el caso de los acuerdos parabólicos en alzado se ha procedido como se indicó en el apartado 13. **Recomendaciones para el diseño del trazado de los viales** sobre el parámetro de menor valor el cual permite que el vehículo no se quede estancado en ningún momento de su recorrido.

La siguiente alineación posee una longitud en comparación con la anterior de **222,556 metros** y se corresponde con el primer vial auxiliar para alcanzar el primer aerogenerador. Las curvas circulares se caracterizan por no poseer sus respectivas curvas de transición debido a la dificultad de emplazar la consecución de acuerdos rectos y curvos en la difícil cartografía. Aunque tras la simulación de la circulación del vehículo por la misma no se han podido encontrar ningún tipo de dificultad.

En los puntos kilométricos medios de la alineación principal puede encontrarse la tercera alineación definida que permite alcanzar dos de los aerogeneradores a disponer. Se caracteriza por poseer una longitud de **410,266 metros** y por estar formada únicamente por curvas circulares y acuerdos rectos en su trazado en planta. Como en los casos anteriores no se verifica el cumplimiento de todas las limitaciones y recomendaciones, por lo que, se garantiza su correcto diseño a partir de la comprobación de la simulación de conducción.

La última alineación definida que conforma esta obra lineal se encuentra en el último tramo del vial principal la cual permite alcanzar la ubicación de dos nuevos aerogeneradores a partir de sus **647,439 metros** de longitud. Sobre ella también se realizan las comprobaciones pertinentes para verificar el cumplimiento de limitaciones y recomendaciones, encontrándose en los mismos apéndices indicados anteriormente todas ellas.

De todas las alineaciones puede verificarse como las pendientes longitudinales impuestas no superan el máximo valor ni tampoco son inferiores al mínimo recomendado encontrándose en el apartado correspondiente a esta alternativa del apéndice su estado de alineaciones como de rasantes.

En este emplazamiento se han diseñado de nuevo las intersecciones del vial principal con las tres auxiliares atendiendo a las envolventes generadas por la circulación del vehículo simulado con el objetivo de garantizar la mejor maniobrabilidad del mismo. Las características cartográficas y la intersección entre alineaciones ha dificultado el diseño de las mismas, sin embargo, finalmente se han realizado de la mejor manera posible al prestar gran atención a las características en planta y alzado que definen las dos alineaciones conectadas para garantizar la perfecta continuidad entre ellas.

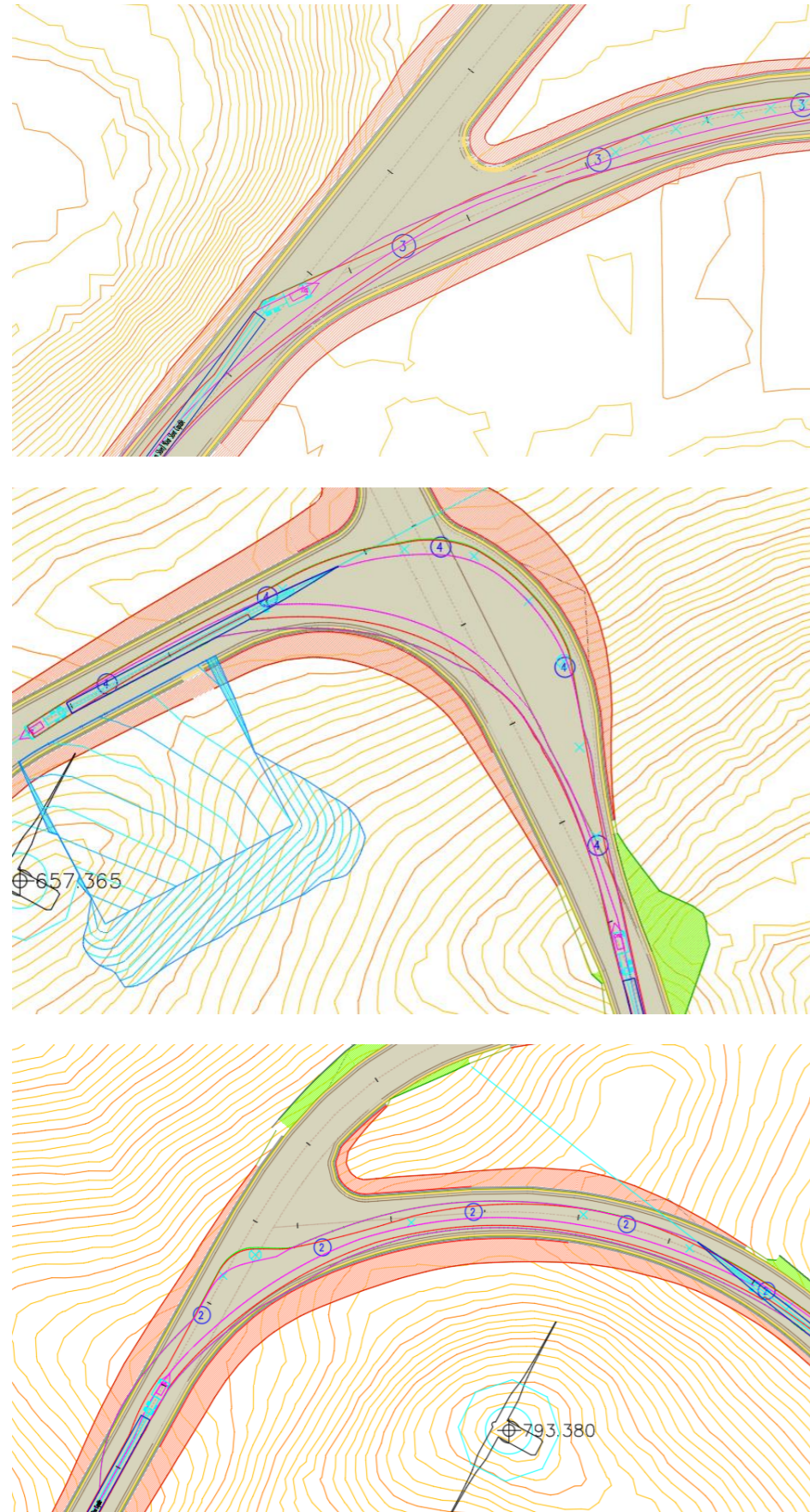


Figura 104. Intersecciones diseñadas a partir de envolventes de la Zona 14 (Fuente: propia)

Como en los emplazamientos anteriores, las alineaciones han sido diseñadas de manera que se alcance una pendiente máxima transversal del 2% como indicaban las recomendaciones proporcionadas por la *Universidad Miguel Hernández*, asimismo, se ha tenido en cuenta lo indicado en la instrucción de trazado para la transición del mismo entre curvas siendo necesario atender a la longitud de los elementos rectos que existe entre ellas.

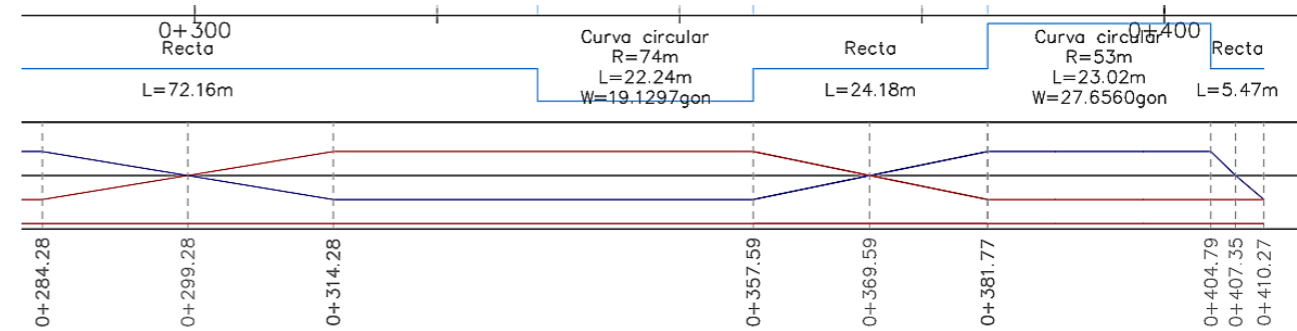


Figura 105. Diagrama de curvatura y peraltes de un tramo de vial de la Zona 14 (Fuente: propia)

La traza de las cuatro alineaciones y las tres intersecciones que definen la obra lineal de este emplazamiento pueden observarse con mayor detalle en los **planos** generados. En ellos se detalla para cada una de ellas el perfil longitudinal, el diagrama de peraltes, el diagrama de curvatura y las secciones transversales tipo a disponer.

## 15. Movimiento de tierras

El movimiento de tierras que pueda producirse durante la ejecución de los viales que conforman cada uno de los emplazamientos posibles es determinado a partir del software Civil 3D atendiendo a las diferentes naturalezas de los materiales que discurren por las distintas trazas al ser de gran relevancia en este estudio.

### 15.1. Zona 4 – Coves de Vinromà

La obra lineal de este emplazamiento discurre por cuatro materiales distintos, como se indicó en el apartado **Geología**, siendo necesario definir en el software empleado las diferentes secciones transversales a disponer en cada una de las trazas pues es imprescindible para su cálculo.

Las secciones transversales se caracterizan por encontrarse en su base la explanada siendo cada una de diferente espesor y naturaleza, como se ha desarrollado en el apartado **Elección tipo de explanada** de este posible emplazamiento, junto con una capa de rodadura formada por zahorras con un espesor de treinta centímetros. Encontrando en la siguiente **Figura 107** y **Figura 108** la sección tipo para cada caso.

A continuación, en la siguiente **Tabla 101** se indica el volumen de terraplén y desmonte de cada uno de los materiales por donde discurre la traza de los diferentes viales y con ello el volumen total de movimiento de tierras que conllevaría la ejecución de los mismos. Asimismo, a partir del **Gráfico 46** puede observarse con mayor facilidad la diferencia entre volúmenes, destacando la diferencia entre el volumen obtenido de terraplén respecto al de desmonte debido a la disposición de muros en algunos tramos por la existencia de vaguadas imposibles de evitar o por una diferencia de cota desmesurada con el terreno.

La formación de los taludes de terraplén podrá ejecutarse a partir del volumen de tierras disponible de desmonte, asimismo, aquellos materiales identificados como adecuados o tolerables podrán ser empleados para la estabilización del material de la explanada a partir del volumen neto en caso de que haya disponible.

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Obra lineal completa
	Marginal	Adecuado	Marginal	Adecuado	
Desmonte (m <sup>3</sup> )	58.752,54	47.439,56	36.137,19	164.777,81	307.107,10
Terraplén (m <sup>3</sup> )	32.547,37	4.019,58	18.348,86	78.706,99	133.622,80
Neto (m <sup>3</sup> )	26.205,17	43.419,98	17.788,33	86.070,82	173.484,30
Total (m <sup>3</sup> )	91.299,91	51.459,14	54.486,05	243.484,80	440.729,90

Tabla 101. Volúmenes de los movimientos de tierras de la obra lineal de la Zona 4 (Fuente: propia)

La existencia de un volumen neto de 173.484,30 m<sup>3</sup> permitirá la posibilidad de formar la explanada con materiales provenientes de la propia obra, sin embargo, uno de los materiales identificados ha sido clasificado como marginal e imposibilita su uso para este fin. El volumen sobrante de este material será transportado a vertedero lo cual hace que sea necesario diferenciar el valor de los mismos (49.993,50 m<sup>3</sup>) en comparación con el volumen disponible del resto de materiales (129.490,80 m<sup>3</sup>) para poder formar la explanada.

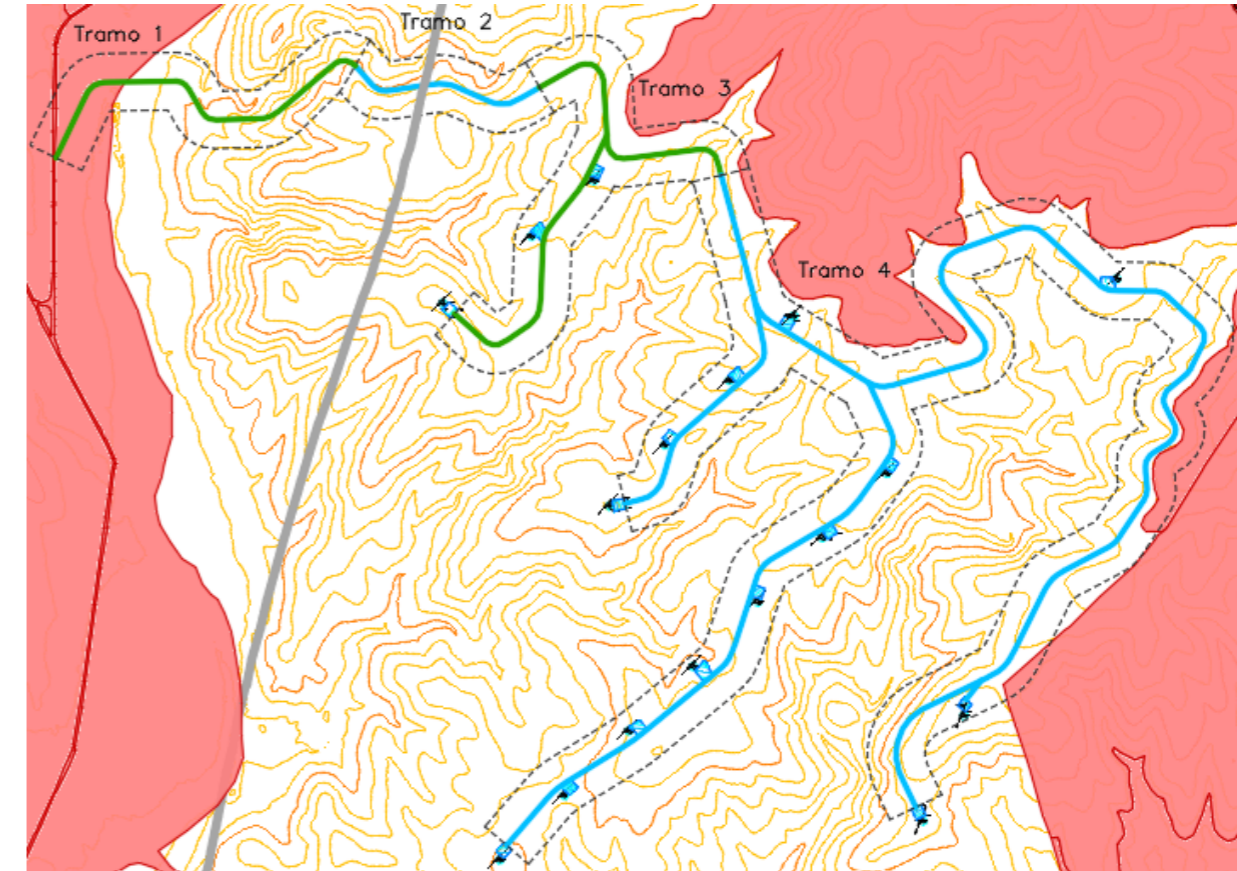


Figura 106. Diferentes tramos de la obra lineal de la Zona 4 en función de los materiales de la traza (Fuente: propia)

A partir del mismo software empleado hasta el momento se ha podido determinar el volumen que conforma cada una de las secciones transversales a ejecutar atendiendo ambas capas que las conforman, siendo de gran importancia para realizar una correcta compensación de volúmenes de la obra. En la siguiente **Tabla 102** se indica el volumen necesario para ejecutar cada una de ellas, correspondiéndose finalmente 46.952,60 m<sup>3</sup> los necesarios para ejecutar la explanada que define la obra lineal. Atendiendo al volumen disponible puede verificarse la posibilidad de ejecutar las explanadas con los mismos e incluso siendo necesario el transporte al vertedero de aquellos que no sean necesarios (82.538,20 m<sup>3</sup>).

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Obra lineal completa
	Marginal	Adecuado	Marginal	Adecuado	
Capa de rodadura (m <sup>3</sup> )	Zahorra				30.057,53
	3.225,27	1.740,02	4.897,34	20.194,90	
Explanada (m <sup>3</sup> )	S-EST1 cemento	S-EST2 cemento	S-EST1 cemento	S-EST2 cemento	46.952,60
	8.706,91	1.985,14	13.220,81	23.039,74	
Total (m <sup>3</sup> )	11.932,18	3.725,16	18.118,15	43.234,64	77.010,13

Tabla 102. Volúmenes para la formación de la sección transversal de la obra lineal de la Zona 4 (Fuente: propia)

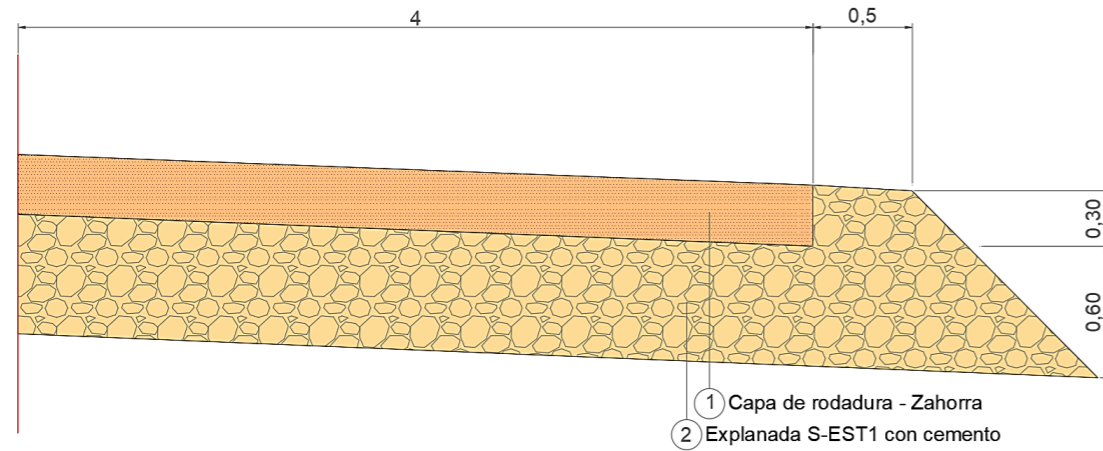


Figura 107. Sección transversal a disponer en los tramos 1 y 3 de la obra lineal que conforma la Zona 4 (Fuente: propia)

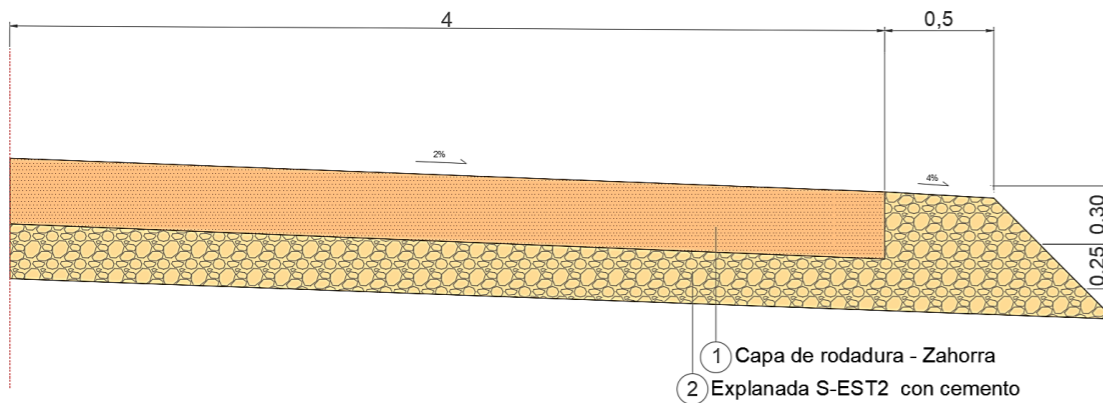


Figura 108. Sección transversal a disponer en los tramos 2 y 4 de la obra lineal que conforma la Zona 4 (Fuente: propia)

Diecisiete aerogeneradores definen este emplazamiento lo que conlleva la ejecución de plataformas durante la fase de construcción del mismo número. Estas han sido definidas atendiendo a las dimensiones recomendadas indicadas anteriormente en el apartado **Recomendaciones para el diseño del trazado de los viales**, por lo que, ha podido determinarse el volumen necesario para su ejecución y posterior regeneración (28.613,84 m<sup>3</sup>). A continuación, se detalla con mayor precisión el volumen estimado para cada una de ellas en la siguiente **Tabla 103**.

Plataforma		Desmante (m <sup>3</sup> )	Terraplén (m <sup>3</sup> )
Hilera	Aero.		
1	1	578,93	569,97
	2	1.590,94	1.592,53
	3	263,58	263,59
2	1	353,44	353,62
	2	1.112,99	1.117,18
	3	3.256,35	106,46
	4	406,03	406,03
3	1	1.098,39	1.098,04
	2	359,76	360,19
	3	226,42	226,46
	4	1.027,77	3.060,39
	5	1.137,67	1.137,65
	6	1912,65	1913,08
	7	530,9	530,9
	8	408,61	408,75
4	1	252,39	252,55
	2	350,36	349,27

Tabla 103. Volúmenes de movimientos de tierras para la ejecución de las plataformas de la Zona 4 (Fuente: propia)

Finalmente, atendiendo el movimiento de tierras necesario para ejecutar tanto la obra lineal como las múltiples plataformas que definen este emplazamiento se estima un volumen empleado correspondiente a 469,343,74 m<sup>3</sup> aproximadamente de los cuales 150.853,46 m<sup>3</sup> serán transportados a vertedero, lo que suponen el 32,14% de las tierras movilizadas.

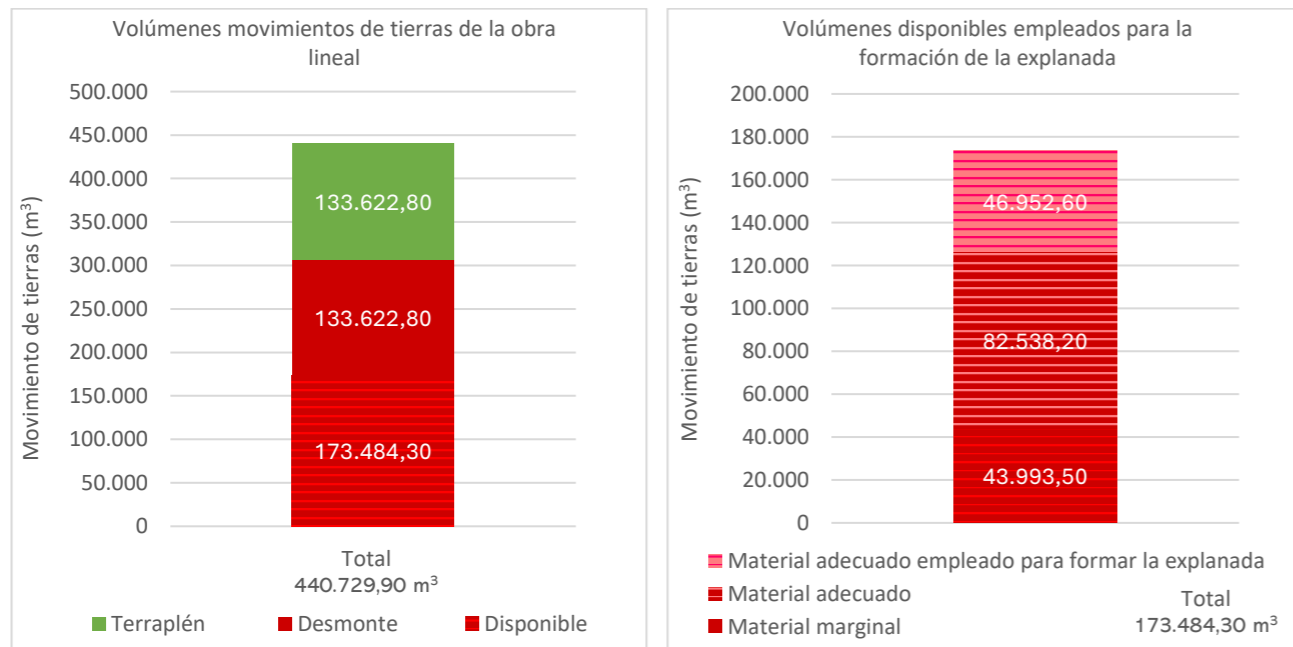


Gráfico 46. Volúmenes de movimientos de tierras y volúmenes disponibles para la formación de la explanada de la Zona 4 (Fuente: propia)

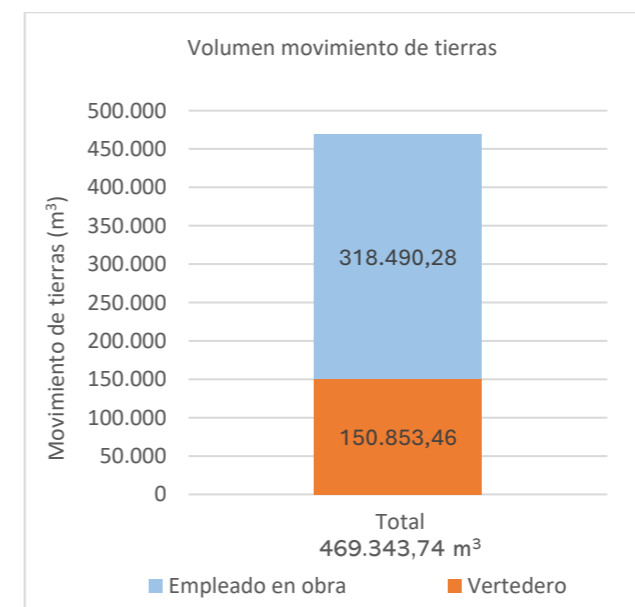


Gráfico 47. Volúmenes de movimientos de tierras finales de la Zona 4 (Fuente: propia)

15.2. Zona 5 – Vilafamés y La Pobla Tornesa

A partir de la Geología pudo determinarse un único material por toda la traza donde podrían discurrir la obra lineal que define a este emplazamiento, lo cual ha conllevado la definición de una única sección transversal en el software empleado a partir de lo determinado en el apartado Elección tipo de explanada.

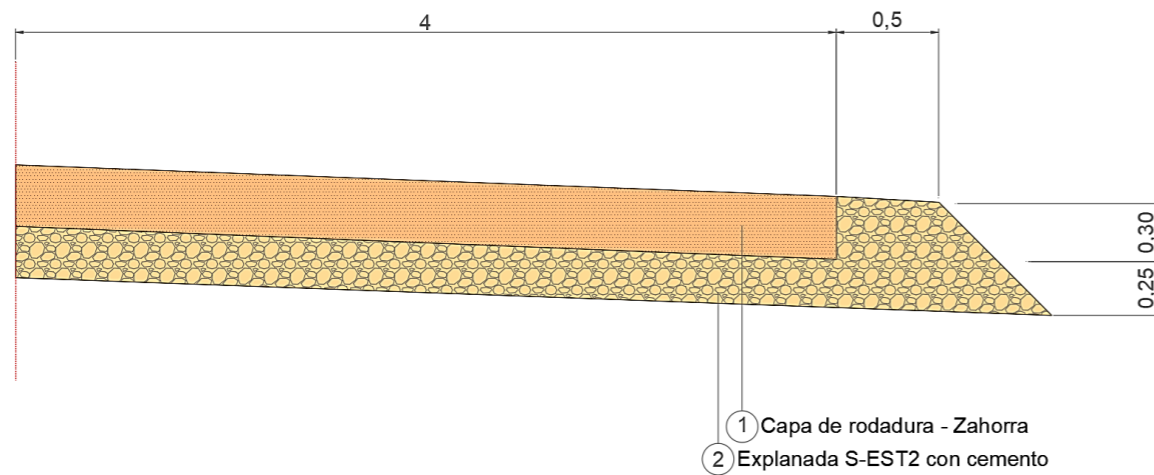


Figura 109. Sección transversal a disponer en la obra lineal que conforma la Zona 5 (Fuente: propia)

El volumen de movimiento de tierras que conllevaría la ejecución de la obra lineal de este emplazamiento se corresponde con 528.950,75 m<sup>3</sup> de los cuales 162.377,77 m<sup>3</sup> podrán ser empleados para la estabilización del material de la explanada tras haber sido identificado el suelo por donde discurren dichas trazas como adecuado.

Desmante (m <sup>3</sup> )	Terraplén (m <sup>3</sup> )	Neto (m <sup>3</sup> )	Total (m <sup>3</sup> )
345.664,26	183.286,49	162.377,77	528.950,75

Tabla 104. Volúmenes de los movimientos de tierras de la obra lineal de la Zona 5 (Fuente: propia)

Puede observarse en el Gráfico 48 la diferencia entre volúmenes, destacando la diferente entre el volumen obtenido de terraplén respecto al de desmante debido a la disposición de muros en algunos tramos por la existencia de vaguadas imposibles de evitar o por una diferencia de cota desmesurada con el terreno.

El volumen que conforma cada una de las capas de la sección transversal a disponer ha sido determinado mediante el mismo software empleado hasta el momento, correspondiéndose 19.895,56 m<sup>3</sup> los necesarios para formar la explanada. Con el objetivo de realizar una compensación de volúmenes óptima, se empleará el volumen de material disponible para la formación de la misma al haber cantidad suficiente lo cual conlleva la necesidad de transportar a vertedero el volumen no empleado.

Capa de rodadura (m <sup>3</sup> )	17.438,95
Explanada (m <sup>3</sup> )	19.895,56
Total (m <sup>3</sup> )	37.334,51

Tabla 105. Volúmenes para la formación de la sección transversal de la obra lineal de la Zona 5 (Fuente: propia)

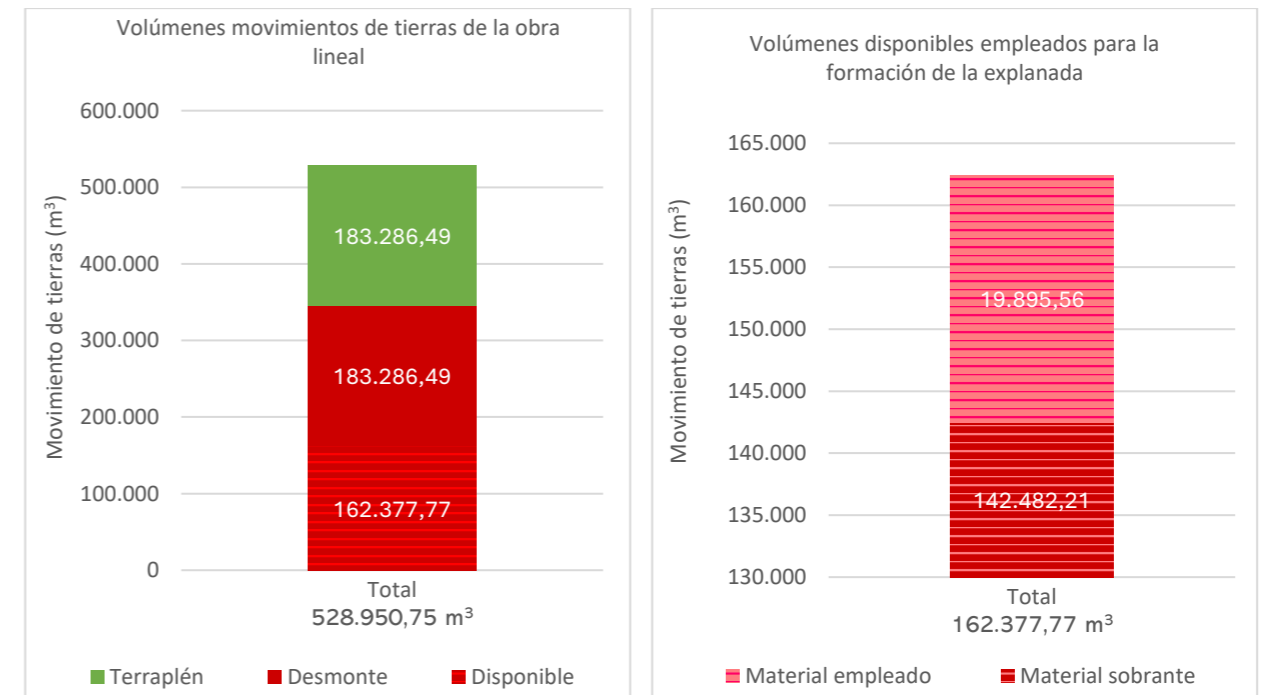


Gráfico 48. Volúmenes de movimientos de tierras y volúmenes disponibles para la formación de la explanada de la Zona 5 (Fuente: propia)

Este emplazamiento está constituido por un número de ocho aerogeneradores y con ello el mismo número de plataformas a ejecutar durante la fase de construcción, a partir del mismo software ha sido posible determinar el movimiento de tierras que conllevaría su ejecución y posterior regeneración atendiendo a las recomendaciones indicadas en el apartado 13. Finalmente, se ha estimado un volumen de 27.987,70 m<sup>3</sup> detallándose en la Tabla 106 lo estimado para cada una de ellas.

Para la ejecución de las plataformas se necesita el empleo de un volumen adicional de material para la ejecución de las mismas (3.805,62 m<sup>3</sup>), sin embargo, no supondrá ningún inconveniente al poseer material disponible. Esto conlleva que 162.466,13 m<sup>3</sup> sean finalmente transportados a vertedero tras atender todos los usos posibles para la ejecución de la obra lineal y plataformas de este emplazamiento.

### 15.3. Zona 14 – Xixona

La obra lineal de este emplazamiento se caracteriza por discurrir de nuevo por un único material lo que permite determinar el movimiento de tierras a efectuar con mayor facilidad. Tras el empleo del software adecuado se ha determinado un movimiento de tierras de 529.435,34 m<sup>3</sup> para ejecutar la misma, asimismo, se disponen de 252.832,62 m<sup>3</sup> para la formación de la explanada con materiales provenientes de la propia obra tras haber identificado el suelo por donde discurren las diferentes trazas como tolerable.

Plataforma		Desmante (m <sup>3</sup> )	Terraplén (m <sup>3</sup> )
Hilera	Aero.		
1	1.114,33	1.114,27	1.114,33
	1.280,81	1.281,70	1.280,81
	519,91	519,65	519,91
	4.267,49	8.068,29	4.267,49
	1.107,13	1.107,13	1.107,13
	921,80	921,01	921,80
	2.082,16	2.087,46	2.082,16
2	797,41	797,15	797,41

Tabla 106. Volúmenes de movimientos de tierras para la ejecución de las plataformas de la Zona 5 (Fuente: propia)

El movimiento de tierras que conllevará la ejecución del parque eólico en este emplazamiento supondrá finalmente 556.938,45 m<sup>3</sup> de los cuales 162.466,13 m<sup>3</sup> serán transportados a vertedero, suponiendo el 29,17% de las tierras movilizadas.

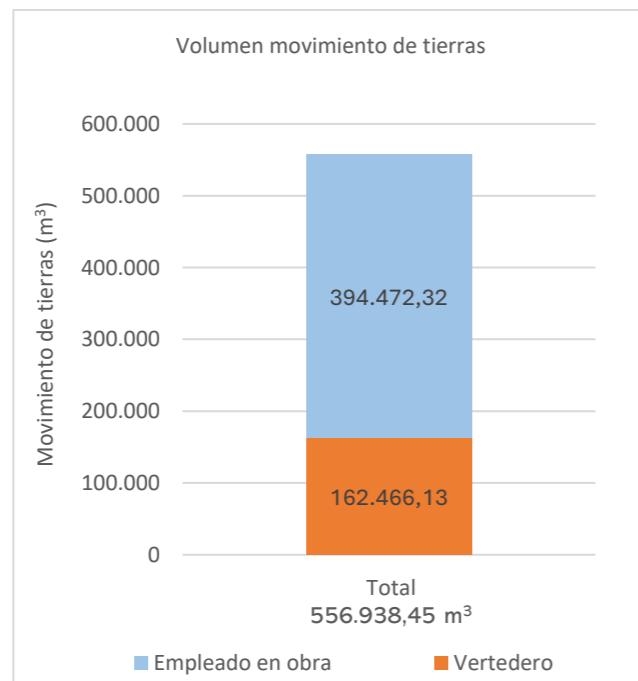


Gráfico 49. Volúmenes de movimientos de tierras finales de la Zona 5 (Fuente: propia)

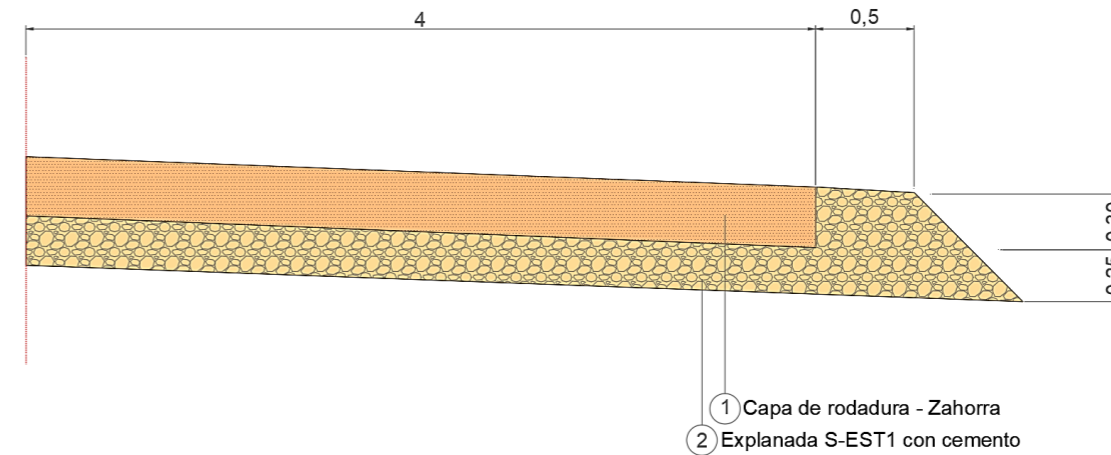


Figura 110. Sección transversal a disponer en la obra lineal que conforma la Zona 5 (Fuente: propia)

Resaltar que, en este emplazamiento ha sido necesario disponer muros en algunos tramos que conforman la obra lineal lo que implica que exista una gran diferencia entre el volumen de terraplén respecto al de desmante como puede observarse en el Gráfico 50.

En este caso, para la formación de la explanada serán necesarios 21.440,30 m<sup>3</sup> lo que implica la necesidad del transporte al vertedero de los restantes (231.392,32 m<sup>3</sup>).

Desmante (m <sup>3</sup> )	Terraplén (m <sup>3</sup> )	Neto (m <sup>3</sup> )	Total (m <sup>3</sup> )	Capa de rodadura (m <sup>3</sup> )	Explanada (m <sup>3</sup> )	Total (m <sup>3</sup> )
345.664,26	183.286,49	162.377,77	528.950,75	18.792,95	21.440,30	40.233,25

Tabla 107. Volúmenes de los movimientos de tierras de la obra lineal y para la formación de la sección de la Zona 14 (Fuente: propia)

Este emplazamiento se caracteriza por estar formado por doce aerogeneradores lo que conlleva la ejecución de once plataformas tras no ser necesario en uno de ellos, lo cual implica un volumen de 48.188,27 m<sup>3</sup> para la ejecución de las mismas durante la ejecución y posterior regeneración de las mismas. En la Tabla 108 se detalla el volumen de movimiento de tierras llevado a cabo para la formación de cada una de ellas.

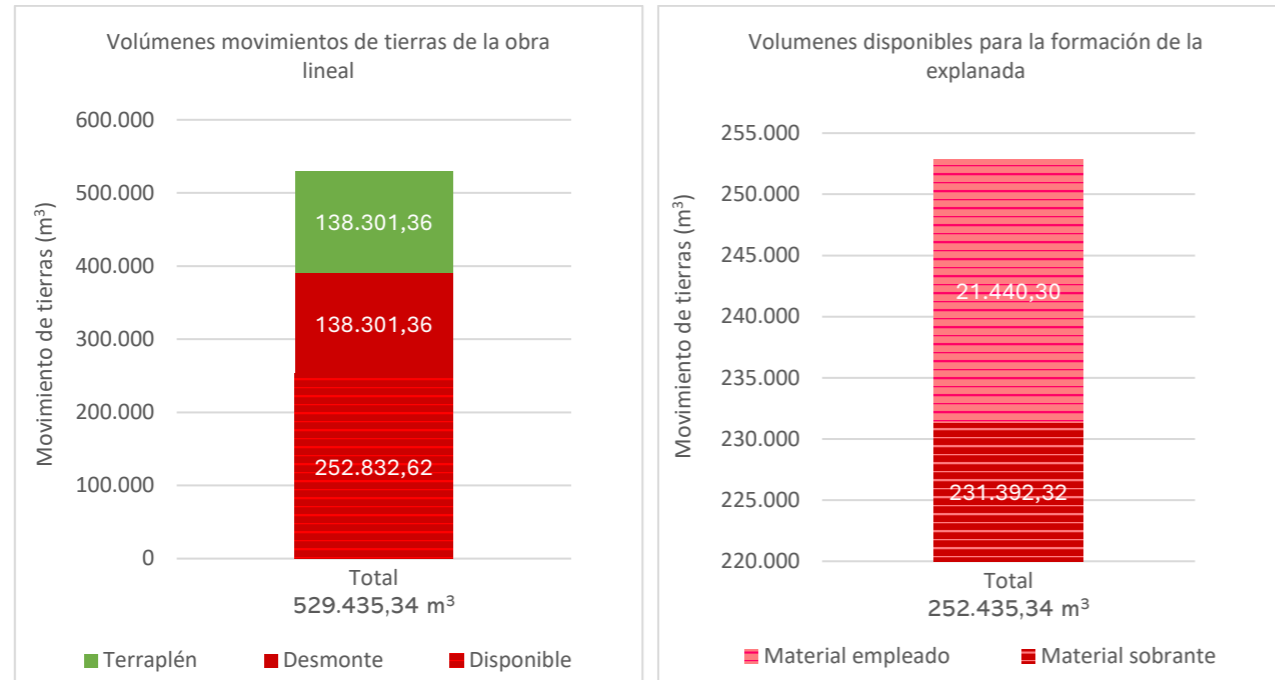


Gráfico 50. Volúmenes de movimientos de tierras y volúmenes disponibles para la formación de la explanada de la Zona 14 (Fuente: propia)

Finalmente, atendiendo el movimiento de tierras necesario para ejecutar tanto la obra lineal como las múltiples plataformas que definen este emplazamiento se estima un volumen empleado correspondiente a 577.623,61 m<sup>3</sup> aproximadamente de los cuales 272.352,35 m<sup>3</sup> serán transportados a vertedero, lo que suponen el 47,15% de las tierras movilizadas.

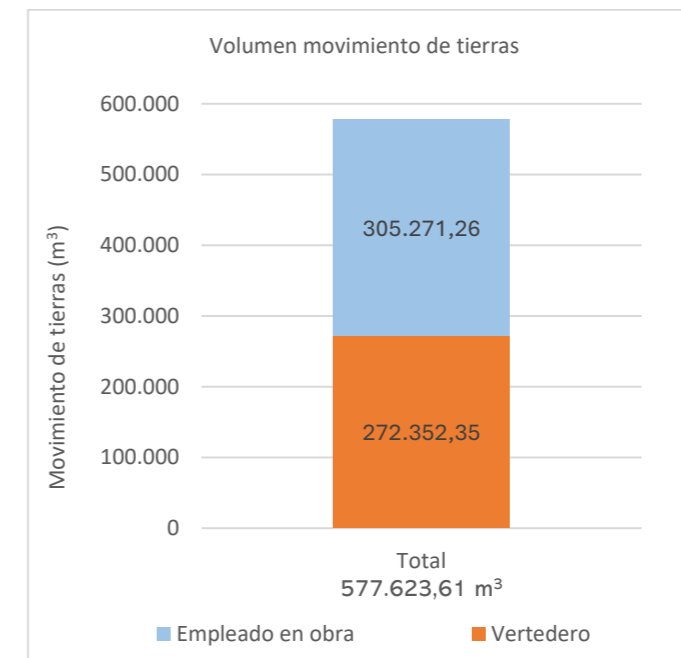


Gráfico 51. Volúmenes de movimientos de tierras finales de la Zona 14 (Fuente: propia)

Plataforma	Desmorte (m <sup>3</sup> )	Terraplén (m <sup>3</sup> )
1	226,86	491,01
2	1.063,24	1.060,80
3	3.631,15	839,90
4	1.986,72	1.787,49
5	2.152,00	2.238,97
6	4.350,34	1.464,51
7	531,50	512,03
9	8.932,90	48,76
10	1.153,81	1.154,80
11	6.237,90	6.233,50
12	1.044,67	1.045,41

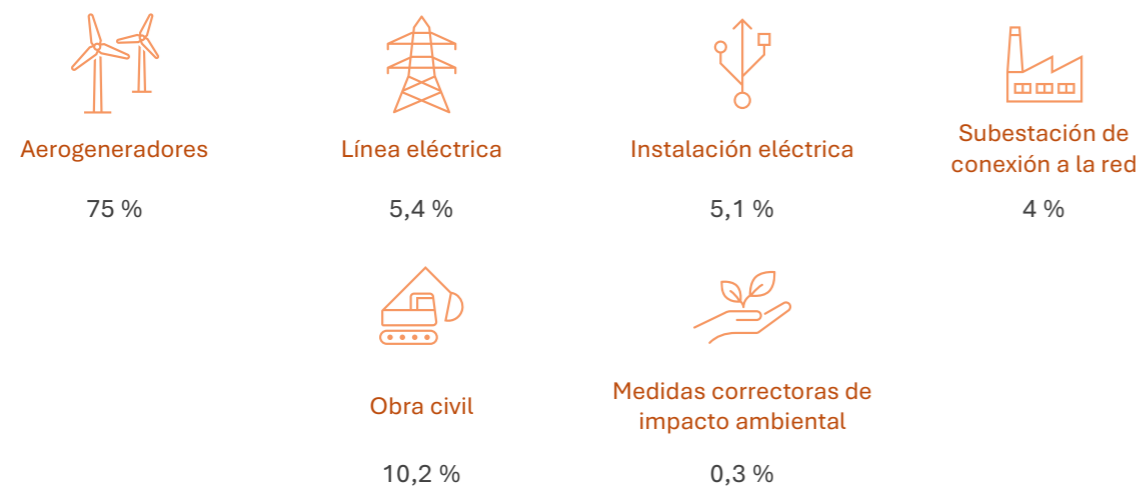
Tabla 108. Volúmenes de movimientos de tierras para la ejecución de las plataformas de la Zona 14 (Fuente: propia)



## VIABILIDAD

A partir del aprovechamiento energético obtenido y de la obra lineal diseñada puede realizarse una valoración económica del coste de inversión de cada uno de los emplazamientos analizados, asimismo, es necesario atender factores de distinta albergadura para obtener una estimación acorde a los elementos que los conforman.

En un primer lugar, se estima el coste del número de aerogeneradores a disponer y para ejecutar la obra lineal que define a cada uno de los emplazamientos. Seguidamente, se consideran los porcentajes detallados por Plan de Energías Renovables (PER) para la estimación de dicha inversión, correspondiéndose con los indicados a continuación. Destacar que no se ha considerado el porcentaje correspondiente a la ejecución de una subestación ya que en todos los casos existe una a poca distancia y con ello no es necesaria su construcción.



Conocida la inversión de cada uno de los emplazamientos se realiza un estudio de la viabilidad de ejecución de cada uno de ellos a partir de la producción energética obtenida en cada caso junto con el coste de inversión previamente obtenido, mediante el mismo procedimiento llevado a cabo en el [Análisis económico](#) para la elección de la [Tipología de aerogenerador a disponer](#) en cada una de las zonas.

### 16. Valoración económica de la inversión

#### 16.1. Zona 4 – Coves de Vinromà

El emplazamiento analizado sobre esta zona se caracteriza por estar formado finalmente por diecisiete aerogeneradores siendo necesarios 31.487.400 € para su disposición.

La valoración estimada para parte de la ejecución de la obra civil se ha llevado a cabo mediante el uso de las unidades de obra necesarias junto con las diversas unidades de medición y precio unitario de cada una de ellas. En este caso, atendiendo el movimiento de tierras para la ejecución de la obra lineal y plataformas puede establecerse un presupuesto 11.435.067,87 € encontrándose en el [Apéndice 11](#) la justificación del valor aproximado para cada unidad de obra.

Cabe mencionar que, para el desarrollo de esta estimación se ha empleado la información facilitada por la Base de Precios de Edificación y Obra Civil en España (PREOC) para determinar los diferentes precios unitarios que definen cada unidad de obra.

Finalmente, tras aplicar los porcentajes correspondientes de inversión se estima una inversión inicial total que asciende a **50.378.483,41 €** detallándose a continuación el coste estimado para cada caso.

Aerogeneradores	31.487.400,00
Línea eléctrica	2.720.438,10
Instalación eléctrica	2.569.302,65
Subestación de conexión a la red	2.015.139,34
Obra civil	11.435.067,87
Medidas correctoras de impacto ambiental	151.135,45

TOTAL (€) 50.378.483,41

Tabla 109. Inversión estimada para la Zona 4  
(Fuente: propia)

#### 16.2. Zona 5 – Vilafamés y La Pobla Tornesa

Ocho aerogeneradores caracterizan a este emplazamiento los cuales suponen 14.817.600 € de inversión, asimismo, la ejecución de la obra lineal junto con las plataformas de cada uno de los aerogeneradores supone un total de 10.557.153,99 € encontrándose en el [Apéndice 11](#) el valor aproximado para cada unidad de obra. La ejecución del parque eólico en este emplazamiento supondría finalmente una inversión correspondiente a **29.782.575,10 €** tras la aplicación de los porcentajes correspondientes.

Aerogeneradores	14.817.600,00
Línea eléctrica	1.608.259,06
Instalación eléctrica	1.518.911,33
Subestación de conexión a la red	1.191.303,00
Obra civil	10.557.153,99
Medidas correctoras de impacto ambiental	89.347,73

TOTAL (€) 29.782.575,10

Tabla 110. Inversión estimada para la Zona 5  
(Fuente: propia)

### 16.3. Zona 14 – Xixona

El parque eólico diseñado en el emplazamiento ubicado en esta zona está formado por doce aerogeneradores lo que suponen 22.226.400,00 € para su disposición. Asimismo, las obras necesarias para ejecutar la obra lineal y plataformas suponen 11.039.925,68 €, por lo tanto, la ejecución del parque eólico en este emplazamiento supondría finalmente **39.044.983,19€** tras la aplicación de los porcentajes correspondientes.

Aerogeneradores	22.226.400,00
Línea eléctrica	2.108.429,09
Instalación eléctrica	1.991.294,14
Subestación de conexión a la red	1.561.799,33
Obra civil	11.039.925,68
Medidas correctoras de impacto ambiental	117.134,95

TOTAL (€) 39.044.983,19

Tabla 111. Inversión estimada para la Zona 15  
(Fuente: propia)

### 17. Viabilidad de la inversión

#### 17.1. Zona 4 – Coves de Vinromà

La inversión total estimada para esta zona ha ascendido a un total de **50.378.483,41 euros**. Esta junto con la producción anual obtenida **93.592 MWh** [desarrollado en el apartado 11.1] permitirán determinar si dicho emplazamiento se considera económicamente viable a partir de los indicadores económicos empleados con anterioridad, realizándose para los dos precios de la electricidad considerados en este estudio.

Atendiendo a el **flujo neto acumulado** estimado para cada precio de la electricidad permite estimar una amortización entre cuatro u veintidós años junto con una rentabilidad transcurridos los años de vida útil entre 2.114.661,09€ y 90.869.919,95€, como puede observarse en la **Tabla 112**.

El **Valor Actual Neto (VAN)** más restrictivo se corresponde con un valor de 2.114.661,09€ para el menor precio de la electricidad con una tasa de descuento del 6%, correspondiente una **Tasa Internas de Retorno (TIR)** del 6,46%. Analizando el mayor precio de la electricidad puede identificarse una rentabilidad anual correspondiente al 27,62%.

A partir del **PayBack** puede identificarse un plazo de recuperación de la inversión durante la vida útil de los aerogeneradores correspondiéndose a 4,73 y 22,87 años en función del precio de la electricidad.

Por lo tanto, se considera rentable ejecutar el parque eólico en este emplazamiento tras analizar ambos precios de la electricidad aunque uno de ellos permitiría recuperar la inversión en un menor periodo.

Año	Flujo de caja neto acumulado con 10% tasa de descuento (€)		Año	VAN según tasa de descuento	
	46,18 €/MWh	148,82 €/MWh		46,18 €/MWh	148,82 €/MWh
1	-46.504.552,82	-38.126.651,96	1	52.280.677,17	280.420.965,84
2	-42.849.901,33	-26.782.363,58	2	40.056.663,69	241.031.427,65
3	-39.402.116,89	-16.278.392,85	3	29.791.982,72	207.955.462,55
4	-36.149.490,07	-6.552.494,03	4	21.126.281,59	180.031.903,23
5	-33.080.974,20	2.452.967,84	5	13.771.501,13	156.332.534,25
6	-30.186.147,91	10.791.358,46	6	7.496.417,33	136.112.280,60
7	-27.455.179,71	18.512.090,52	7	2.114.661,09	118.770.603,66
8	-24.878.794,61	25.660.916,49	8	-2.524.600,74	103.821.472,47
9	-22.448.242,63	32.280.199,81	9	-6.543.940,89	90.869.919,95
10	-20.155.269,07	38.409.165,84	10	-10.043.372,33	79.593.673,53
11	-17.992.086,46	44.084.134,38	11	-13.104.831,06	69.728.710,14
12	-15.951.348,16	49.338.734,89	12	-15.795.713,90	61.057.856,46
13	-14.026.123,34	54.204.105,73	13	-18.171.680,31	53.401.760,53
14	-12.209.873,51	58.709.078,73	14	-20.278.879,21	46.611.716,34
15	-10.496.430,27	62.880.350,02	15	-22.155.724,95	40.563.941,03
16	-8.879.974,39	66.742.638,26	16	-23.834.318,65	35.154.994,88
17	-7.355.016,01	70.318.831,07	17	-25.341.589,66	30.298.103,25
18	-5.916.376,03	73.630.120,71	18	-26.700.215,34	25.920.192,65
19	-4.559.168,50	76.696.129,64	19	-27.929.364,80	21.959.494,32
20	-3.278.784,04	79.535.026,79	20	-29.045.302,27	18.363.599,93
21	-2.070.874,17	82.163.635,27	21	-30.061.878,20	15.087.879,04
22	-931.336,56	84.597.532,00	22	-30.990.930,41	12.094.186,53
23	143.698,92	86.851.140,09	23	-31.842.612,77	9.349.803,52
24	1.157.883,34	88.937.814,25	24	-32.625.665,37	6.826.566,76
25	2.114.661,09	90.869.919,95	25	-33.347.637,37	4.500.150,51

Tabla 112. Flujo de caja neto acumulado y VAN del emplazamiento de la Zona 4  
(Fuente: propia)

#### 17.2. Zona 5 – Vilafamés y La Pobla Tornesa

El emplazamiento desarrollado sobre esta zona permitirá una producción anual de **36.134 MWh** tras una inversión de **29.782.575,10€**.

Tras estimar el **flujo neto acumulado** puede identificarse como con el menor precio de la electricidad no se producirá ningún tipo de amortización durante la vida útil estudiada, sin embargo, atendiendo el otro precio de la electricidad analizado puede estimarse una amortización en ocho años junto con una rentabilidad de 24.749.908,47€.

El **Valor Actual Neto (VAN)** obtenido para el menor precio de la electricidad se corresponde con un valor de 1.169.241,15€ con una tasa de descuento del 2% lo que haya conllevado a la obtención de un **TIR** del 2,35%. Sin embargo, tras considerar el otro precio de la electricidad puede estimarse un **VAN** de 1.364.641,66€ con una tasa de descuento del 16% y con ello un **TIR** correspondiente al 16,81%

En este caso el plazo de recuperación de la inversión supera a la vida útil de los aerogeneradores si se atiende al menor precio de la electricidad, en cambio, en 8,17 años sería posible recuperar la inversión realizada en caso de encontrarse el precio de la electricidad próximo al segundo considerado.

A partir de los dos precios de la electricidad considerados puede identificarse como dicho emplazamiento no sería viable en caso de que el precio de la electricidad fuera como el primero analizado, sin embargo, en caso de que el precio se mantenga a los obtenidos en los últimos años dicha ejecución sería rentable durante la vida útil considerada.

Año	Flujo de caja neto acumulado con 10% tasa de descuento (€)		Año	VAN según tasa de descuento	
	46,18 €/MWh	148,82 €/MWh		46,18 €/MWh	148,82 €/MWh
1	-28.286.947,18	-25.052.448,73	1	9.851.564,86	97.930.836,88
2	-26.875.977,44	-20.672.702,09	2	5.132.178,31	82.723.519,18
3	-25.544.873,91	-16.617.381,13	3	1.169.241,15	69.953.714,50
4	-24.289.115,87	-12.862.454,32	4	-2.176.369,79	59.173.125,10
5	-23.104.438,47	-9.385.670,23	5	-5.015.866,99	50.023.390,17
6	-21.986.818,28	-6.166.425,70	6	-7.438.520,24	42.216.854,85
7	-20.932.459,61	-3.185.643,73	7	-9.516.282,02	35.521.666,16
8	-19.937.781,62	-425.660,43	8	-11.307.385,23	29.750.179,68
9	-18.999.406,16	2.129.879,67	9	-12.859.152,16	24.749.908,47
10	-18.114.146,29	4.496.120,50	10	-14.210.195,31	20.396.431,13
11	-17.278.995,47	6.687.084,24	11	-15.392.148,12	16.587.814,95
12	-16.491.117,34	8.715.754,36	12	-16.431.030,83	13.240.214,74
13	-15.747.836,08	10.594.152,62	13	-17.348.332,17	10.284.387,16
14	-15.046.627,35	12.333.410,27	14	-18.161.869,08	7.662.920,55
15	-14.385.109,68	13.943.834,02	15	-18.886.472,38	5.328.025,43
16	-13.761.036,40	15.434.967,12	16	-19.534.535,52	3.239.766,31
17	-13.172.288,03	16.815.645,92	17	-20.116.455,24	1.364.641,66
18	-12.616.865,03	18.094.052,21	18	-20.640.986,71	-325.560,37
19	-12.092.881,07	19.277.761,74	19	-21.115.530,64	-1.854.687,15
20	-11.598.556,59	20.373.789,09	20	-21.546.366,25	-3.242.972,24
21	-11.132.212,73	21.388.629,22	21	-21.938.840,85	-4.507.646,33
22	-10.692.265,70	22.328.296,01	22	-22.297.524,72	-5.663.436,30
23	-10.277.221,33	23.198.357,85	23	-22.626.338,03	-6.722.974,09
24	-9.885.670,03	24.003.970,67	24	-22.928.655,09	-7.697.132,83
25	-9.516.282,02	24.749.908,47	25	-23.207.390,46	-8.595.304,09

Tabla 113. Flujo de caja neto acumulado y VAN del emplazamiento de la Zona 5 (Fuente: propia)

### 17.3. Zona 14 – Xixona

La producción anual estimada 74.482 MWh y la inversión inicial 39.044.983,19 € permitirán estimar una amortización entre cuatro y veintiún años junto con una rentabilidad correspondiente a 2.729.896,14€ y 73.362.742,84€ transcurridos los años de vida útil para los dos precios de la electricidad considerados.

Atendiendo al menor precio de la electricidad considerado puede identificarse un VAN de 2.729.896,14 € con una tasa de descuento del 6% y con ello un TIR del 6,74%, sin embargo, para el mayor precio de la electricidad puede identificarse una rentabilidad anual del 28,39%.

Se estiman 4,58 y 21,66 años de plazo de recuperación de la inversión atendiendo a ambos precios de la electricidad respectivamente.

En este caso, tras considerar ambos precios de la electricidad puede identificarse que la ejecución del parque eólico sobre este emplazamiento es rentable aunque en caso de que el precio de la electricidad se mantenga en valores altos dicha inversión podría recuperarse ni en un tercio de la vida útil considerada.

Año	Flujo de caja neto acumulado con 10% tasa de descuento (€)		Año	VAN según tasa de descuento	
	46,18 €/MWh	148,82 €/MWh		46,18 €/MWh	148,82 €/MWh
1	-35.962.047,62	-29.294.780,85	1	42.652.809,65	224.210.480,08
2	-33.053.617,82	-20.266.815,72	2	32.924.745,30	192.863.659,08
3	-30.309.816,13	-11.907.588,74	3	24.755.948,91	166.541.279,95
4	-27.721.323,97	-4.167.563,77	4	17.859.646,12	144.319.267,31
5	-25.279.350,24	2.999.126,03	5	12.006.594,85	125.458.932,52
6	-22.975.601,43	9.634.949,91	6	7.012.783,35	109.367.333,05
7	-20.802.253,50	15.779.231,28	7	2.729.896,14	95.566.550,71
8	-18.751.925,26	21.468.380,70	8	-962.102,22	83.669.794,34
9	-16.817.653,34	26.736.111,65	9	-4.160.757,04	73.362.742,84
10	-14.992.868,50	31.613.640,30	10	-6.945.660,24	64.388.926,58
11	-13.271.373,38	36.129.870,53	11	-9.382.017,79	56.538.231,81
12	-11.647.321,37	40.311.565,19	12	-11.523.465,15	49.637.828,54
13	-10.115.196,84	44.183.504,69	13	-13.414.297,02	43.544.985,63
14	-8.669.796,34	47.768.633,86	14	-15.091.239,42	38.141.360,46
15	-7.306.210,96	51.088.197,90	15	-16.584.863,11	33.328.444,67
16	-6.019.809,66	54.161.868,31	16	-17.920.714,68	29.023.919,29
17	-4.806.223,52	57.007.859,43	17	-19.120.224,92	25.158.727,68
18	-3.661.330,94	59.643.036,40	18	-20.201.440,84	21.674.716,79
19	-2.581.243,61	62.083.015,07	19	-21.179.617,54	18.522.730,06
20	-1.562.293,29	64.342.254,58	20	-22.067.698,32	15.661.060,12
21	-601.019,40	66.434.143,01	21	-22.876.705,62	13.054.189,33
22	305.842,76	68.371.076,75	22	-23.616.060,14	10.671.761,21
23	1.161.373,09	70.164.533,91	23	-24.293.842,51	8.487.737,56
24	1.968.477,19	71.825.142,39	24	-24.917.008,22	6.479.705,61
25	2.729.896,14	73.362.742,84	25	-25.491.565,02	4.628.306,56

Tabla 114. Flujo de caja neto acumulado y VAN del emplazamiento de la Zona 14 (Fuente: propia)

## ANÁLISIS MULTICRITERIO

Tras obtener el aprovechamiento energético de cada uno de los emplazamientos, diseñar la obra lineal que conformaría cada uno de ellos y analizar la viabilidad de ejecución se procede a realizar un análisis multicriterio con el objetivo de identificar el emplazamiento óptimo de los estudiados para albergar un parque eólico en la Comunidad Valenciana en relación a una serie de criterios que atienden a todo lo estudiado.

### 18. Criterios evaluados

Los cinco criterios evaluados que conforman este análisis atienden a los conceptos determinados y definidos en este estudio, a continuación, se detallan tras la agrupación y caracterización de todos ellos.

- **Aprovechamiento energético**

Mediante la potencia instalada y la producción anual posible a obtener en cada uno de los emplazamientos va a ser evaluado el aprovechamiento energético de cada uno de ellos, identificando así cuál de ellos permitirá una mayor explotación del recurso eólico.

- **Viabilidad de la inversión**

La estimación del coste de inversión de cada uno de los emplazamientos permitirá determinar cuál de ellos supondrá una mayor rentabilidad tras atender a los dos precios de la electricidad analizados.

- **Impacto medioambiental**

A partir de la evaluación del movimiento de tierras que pueda producirse en la fase de construcción junto con la evaluación de las emisiones de CO<sub>2</sub> que podrían reducirse en cada uno de los emplazamientos podrá identificarse cuál de ellos supondrá un menor impacto atendiendo el primer factor y un impacto ambiental positivo sobre el entorno que les rodea atendiendo a el segundo.

- **Impacto social**

El número de aerogeneradores que puedan ser vistos desde los municipios cercanos permitirá identificar la influencia visual que supondría la implantación de cada uno de los parques eólicos en sus emplazamientos correspondientes.

- **Facilidad en el transporte**

La distancia a las instalaciones de fabricación de las palas junto con las pendientes longitudinales que definen la obra lineal permitirá determinar en cuál de los casos no se producirán dificultades durante el transporte de los elementos de mayor tamaño.

### 19. Metodología de trabajo

La identificación del emplazamiento óptimo se ha llevado a cabo a partir de la aplicación de un análisis multicriterio de tipo AHP (Proceso de Análisis Jerárquico) al corresponderse con un método matemático empleado para analizar variables frente a varios criterios, publicado por Thomas L. Saaty en 1980 el cual aún se encuentra en estudio.

El análisis empleado permitirá estimar el emplazamiento adecuado que más se ajusta a lo analizado en este estudio, considera igual de importantes los factores que influyen en la elección de la solución óptima como los criterios empleados durante el proceso.

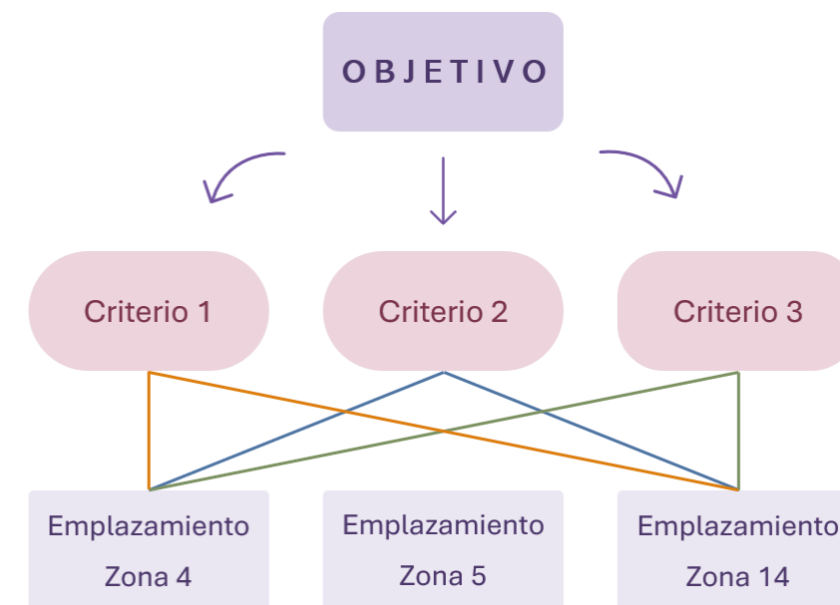


Figura 111. Esquema del funcionamiento del análisis AHP  
(Fuente: propia)

Para emplear esta metodología es necesario la ejecución de una serie de matrices cruzadas con las que se obtendrá finalmente una definitiva (**matriz comparativa**) que permitirá determinar el emplazamiento óptimo.

En un primer lugar, se establecerán los criterios a tener en cuenta, correspondientes a los definidos anteriormente, y la ponderación entre ellos a partir de la "Escala de Saaty" indicada en la [Tabla 115](#). A partir de ellos se obtendrá la **Matriz de decisión** que representa la importancia de cada uno de los criterios o las prioridades de la implantación en cada uno de los emplazamientos respecto a un determinado criterio.

Por lo tanto, aplicando lo mencionado anteriormente y atendiendo a los criterios establecidos para este estudio se detalla la **matriz de decisión** en la [Tabla 117](#).

1	Ambos criterios o elementos son de igual importancia
2	Entre igualmente y moderadamente preferible
3	Débil o moderada importancia uno sobre el otro
4	Entre moderadamente y fuertemente preferible
5	Importancia esencial o fuerte de un criterio sobre el otro
6	Entre muy fuerte y extremadamente preferible
7	Importancia demostrada de un criterio sobre el otro
8	Entre muy fuerte y extremadamente preferible
9	Importancia absoluta de un criterio sobre el otro

Tabla 115. Escala de Saaty empleada

Como puede apreciarse el promedio estimado para el criterio correspondiente al **aprovechamiento energético** presenta una diferencia respecto al resto debido a corresponderse como aquel más importante para garantizar un correcto aprovechamiento energético y con ello alcanzar el objetivo de dicho estudio.

## 20. Comparación de criterios

Determinada la **Matriz de decisión** puede procederse a el análisis de cada uno de los parques eólicos desarrollados sobre cada una de las zonas atendiendo a los criterios establecidos lo que conllevará la obtención de una matriz para cada uno de ellos. Asimismo, para cada criterio se determinará la matriz normalizada y con ello el valor promedio para cada emplazamiento, siendo necesarios para la formación de la **Matriz comparativa** y con ello determinar finalmente el emplazamiento óptimo donde implantar un parque eólico en la Comunidad Valenciana.

En los siguientes apartados, se desarrolla para cada criterio la matriz atendiendo a lo expresado anteriormente junto con la justificación de las puntuaciones asignadas para cada criterio.

### 20.1. Aprovechamiento energético

Este criterio se corresponde con el de mayor peso en comparación con el resto, como así se determinó en la **Matriz de decisión**, siendo el determinante para el análisis del objeto de este estudio tras atender tanto la potencia instalada como la producción anual de cada emplazamiento.

Los dos factores que caracterizan a este criterio poseen porcentajes diferentes para su evaluación con el objetivo de realizar dicho análisis con mayor precisión, disponiéndose un porcentaje del 30% para la potencia instalada y un 70% para la producción anual.

Atendiendo a los valores estimados puede observarse como el emplazamiento ubicado en la Zona 4 poseerá la mayor potencia instalada junto con la mayor producción anual.

	Aprovechamiento energético	Viabilidad de la inversión	Impacto medioambiental	Impacto social	Facilidad del transporte
Aprovechamiento energético	1	1	4	5	9
Viabilidad de la inversión	1	1	4	5	3
Impacto medioambiental	0,25	0,25	1	3	9
Impacto social	0,20	0,20	0,33	1	9
Facilidad del transporte	0,11	0,33	0,11	0,11	1

Tabla 116. Matriz de decisión  
(Fuente: propia)

Matriz normalizada					Promedio
0,3905	0,3593	0,4235	0,3543	0,2903	0,36358
0,3905	0,3593	0,4235	0,3543	0,0968	0,32487
0,0976	0,0898	0,1059	0,2126	0,2903	0,15925
0,0781	0,0719	0,0353	0,0709	0,2903	0,10929
0,0434	0,1198	0,0118	0,0079	0,0323	0,04301

Tabla 117. Valores promedios de cada criterio  
(Fuente: propia)

	Potencia instalada (MW) 30%	Producción anual (MWh) 70%
Emplazamiento Zona 4	34	93.592
Emplazamiento Zona 5	16	36.134
Emplazamiento Zona 14	24	74.483

Tabla 118. Potencia instalada y producción anual de los emplazamientos analizados  
(Fuente: propia)

La escala empleada para todas las matrices se caracteriza por ser una escala de comparación pareada para comparar los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios de nivel inferior, la cual permitirá determinar con mayor facilidad el peso de un criterio o alternativa respecto a otro.

Para atender a las pequeñas diferencias determinantes que puedan existir entre emplazamientos se realiza la relación de cada uno de ellos respecto al resto, formando posteriormente la matriz que permitirá el análisis de este criterio tras la aplicación de los porcentajes indicados anteriormente.

A continuación, se detallan las tres matrices obtenidas para el análisis de este criterio.

a/b	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14	b
	34 MW	16 MW	24 MW	
Emplazamiento Zona 4	1	2,1250	1,4167	
Emplazamiento Zona 5	0,4706	1	0,6667	
Emplazamiento Zona 14	0,7059	1,5000	1	

a

Tabla 119. Matriz de potencia instalada entre emplazamientos  
(Fuente: propia)

a/b	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14	b
	93.592	36.134	74.483	
Emplazamiento Zona 4	1	2,5901	1,2566	
Emplazamiento Zona 5	0,3861	1	0,485130835	
Emplazamiento Zona 14	0,7958	2,0613	1	

a

Tabla 120. Matriz de producción anual entre emplazamientos  
(Fuente: propia)

	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
Emplazamiento Zona 4	1	2,2645	1,3686
Emplazamiento Zona 5	0,4452	1	0,6122
Emplazamiento Zona 14	0,7329	1,6684	1

Tabla 121. Matriz a emplear para el análisis del criterio aprovechamiento energético  
(Fuente: propia)

Tras la aplicación de los porcentajes establecidos no pueden identificarse diferencias significativas entre emplazamientos, por este motivo, para aplicar la ponderación mediante la “Escala de Saaty” se atiende a la diferencia entre el mayor y menor valor obtenido para establecer el rango de valores y con ello identificar el valor a disponer en cada caso de dicha escala.

	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
Emplazamiento Zona 4	1	1,8193	0,9234
Emplazamiento Zona 5	-	1	-
Emplazamiento Zona 14	-	1,2232	1

Tabla 122. Diferencia relativa entre valores del criterio aprovechamiento energético  
(Fuente: propia)

Máximo valor obtenido	Puntuación Escala de Saaty			Rangos atendiendo a la diferencia relativa		
2,2645	1	0	-	0,2021		
Mínimo valor obtenido	2	0,2021	-	0,4043		
0,4452	3	0,4043	-	0,6064		
Diferencia	4	0,6064	-	0,8086		
1,8193	5	0,8086	-	1,0107		
	6	1,0107	-	1,2129		
	7	1,2129	-	1,4150		
	8	1,4150	-	1,6172		
	9	1,6172	-	1,8193		
Diferencia relativa entre valores de la Escala de Saaty	1,8193 / 9 = 0,2021					

Tabla 123. Escala de Saaty atendiendo a la diferencia relativa entre valores del criterio aprovechamiento energético  
(Fuente: propia)

Aplicada dicha ponderación se obtiene finalmente la matriz que caracteriza a este criterio la cual se detalla a continuación junto con su matriz normalizada y valores promedios para cada emplazamiento.

	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14	Matriz normalizada			Promedio
Emplazamiento Zona 4	1	9	5	0,7627	0,5294	0,8140	0,70203
Emplazamiento Zona 5	0,1111	1	0,1429	0,0847	0,0588	0,0233	0,05561
Emplazamiento Zona 14	0,2000	7	1	0,1525	0,4118	0,1628	0,24237
suma	1,2778	16	7,1667				

Tabla 124. Matriz del criterio aprovechamiento energético  
(Fuente: propia)

## 20.2. Viabilidad de la inversión

Este criterio considera los cuatro conceptos económicos atendidos durante el análisis de la viabilidad económica, sin embargo, a cada uno de ellos se le establece un porcentaje de peso atendiendo a su importancia respecto al resto con el objetivo de determinar con mayor precisión cuál de los emplazamientos se corresponde con el óptimo donde emplazar un parque eólico.

Recaltar que, sobre tres de los conceptos de este criterio, a excepción de coste de inversión, se diferenciarán los valores obtenidos para cada uno de los precios de la electricidad empleando el mismo porcentaje de peso para cada uno de ellos. A continuación, en la siguiente *Tabla 125* se recogen los datos de cada emplazamiento junto con el porcentaje de peso asignado a cada uno de ellos.

	Coste de inversión (€)	Rentabilidad (€)		Amortización (años)		TIR (%)	
		46,18 €/MWh	148,82 €/MWh	46,18 €/MWh	148,82 €/MWh	46,18 €/MWh	148,82 €/MWh
		8,34 %	8,34 %	8,34 %	8,34 %	8,34 %	8,34 %
		16,67%		16,67%		16,67%	
Emplazamiento Zona 4	50.378.483,41	2.114.661,09	90.869.919,95	22,87	4,73	6,46	27,62
Emplazamiento Zona 5	29.782.575,10	0,00	24.749.908,47	25	8,17	2,34	16,81
Emplazamiento Zona 14	39.044.983,19	2.729.896,14	73.362.742,84	21,66	4,58	6,74	28,39

Tabla 125. Coste de inversión, rentabilidad, amortización y TIR de la implantación de los emplazamientos analizados (Fuente: propia)

Para atender a las pequeñas diferencias determinantes que puedan existir entre emplazamientos se realiza la relación de cada uno de ellos respecto al resto, formando posteriormente la matriz que permitirá el análisis de este criterio tras la aplicación de los porcentajes indicados anteriormente. A continuación, se detallan las tres matrices obtenidas para el análisis de este criterio.

b/a	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
	50.378.483,41	29.782.575,10	39.044.983,19
Emplazamiento Zona 4	1	0,5912	0,7750
Emplazamiento Zona 5	1,6915	1	1,3110
Emplazamiento Zona 14	1,2903	0,0092	1

Tabla 126. Matriz de coste de inversión entre emplazamientos (Fuente: propia)

a/b	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
	2.114.661,09	0,00	2.729.896,14
Emplazamiento Zona 4	1	2.114.661,09	0,7746
Emplazamiento Zona 5	4,7289E-07	1	3,6631E-07
Emplazamiento Zona 14	1,2909	2.729.896,14	1

Tabla 127. Matriz de rentabilidad con el menor precio de la electricidad entre emplazamientos (Fuente: propia)

a/b	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
	90.869.919,95	24.749.908,47	73.362.742,84
Emplazamiento Zona 4	1	90.869.919,95	1,2386
Emplazamiento Zona 5	1,1005E-08	1	1,3631E-08
Emplazamiento Zona 14	0,8073	73.362.742,84	1

Tabla 128. Matriz de rentabilidad con el mayor precio de la electricidad entre emplazamientos (Fuente: propia)

b/a	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
	22,87	25,00	21,66
Emplazamiento Zona 4	1	1,0931	0,9471
Emplazamiento Zona 5	0,9148	1	0,8664
Emplazamiento Zona 14	1,0559	1,1542	1

Tabla 129. Matriz de amortización con el menor precio de la electricidad entre emplazamientos (Fuente: propia)

b/a	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
	4,73	8,17	4,58
Emplazamiento Zona 4	1	1,7273	0,9683
Emplazamiento Zona 5	0,5789	1	0,5606
Emplazamiento Zona 14	1,0328	1,7838	1

Tabla 130. Matriz de amortización con el mayor precio de la electricidad entre emplazamientos (Fuente: propia)

a/b	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
	6,46	2,34	6,74
Emplazamiento Zona 4	1	2,7607	0,9585
Emplazamiento Zona 5	0,3622	1	0,3472
Emplazamiento Zona 14	1,0433	2,8803	1

Tabla 131. Matriz de TIR con el menor precio de la electricidad entre emplazamientos (Fuente: propia)

a/b	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14	b
	27,62	16,81	28,39	
Emplazamiento Zona 4	1	1,6431	0,9729	
Emplazamiento Zona 5	0,6086	1	0,5921	
Emplazamiento Zona 14	1,0279	1,6889	1	
a				

Tabla 132. Matriz de TIR con el mayor precio de la electricidad entre emplazamientos (Fuente: propia)

	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
Emplazamiento Zona 4	1	7.754.914,96	0,8762
Emplazamiento Zona 5	1,0513	1	0,8528
Emplazamiento Zona 14	1,1671	6.346.126,72	1

Tabla 133. Matriz a emplear para el análisis del criterio viabilidad de la inversión (Fuente: propia)

La aplicación de los porcentajes establecidos no permite establecer con criterio la ponderación mediante la "Escala de Saaty", por ello, se atiende a la diferencia entre el mayor y menor valor obtenido para establecer el rango de valores y con ello identificar el valor a disponer en cada caso de dicha escala.

	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
Emplazamiento Zona 4	1	7.754.914,10	-
Emplazamiento Zona 5	-	1	-
Emplazamiento Zona 14	0,3142	6.346.125,87	1

Tabla 134. Diferencia relativa entre valores del criterio viabilidad de la inversión (Fuente: propia)

Máximo valor obtenido	7.754.914,96	Diferencia relativa entre valores de la Escala de Saaty
Mínimo valor obtenido	0,8528	$7.754.914,10 / 9 =$
Diferencia	7.754.914,10	$= 861.657,12$

Tabla 135. Escala de Saaty atendiendo a la diferencia relativa entre valores del criterio viabilidad de la inversión (1/2) (Fuente: propia)

Puntuación Escala de Saaty	Rangos atendiendo a la diferencia relativa		
1	0	-	861.657,1227
2	861.657,1227	-	1.723.314,2453
3	1.723.314,2453	-	2.584.971,3680
4	2.584.971,3680	-	3.446.628,4907
5	3.446.628,4907	-	4.308.285,6133
6	4.308.285,6133	-	5.169.942,7360
7	5.169.942,7360	-	6.031.599,8586
8	6.031.599,8586	-	6.893.256,9813
9	6.893.256,9813	-	7.754.914,1040

Tabla 136. Escala de Saaty atendiendo a la diferencia relativa entre valores del criterio viabilidad de la inversión (2/2) (Fuente: propia)

Aplicada dicha ponderación se obtiene finalmente la matriz que caracteriza a este criterio la cual se detalla a continuación junto con su matriz normalizada y valores promedios para cada emplazamiento.

	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14	Matriz normalizada			Promedio
Emplazamiento Zona 4	1	9	1	0,4737	0,5000	0,4706	0,48142
Emplazamiento Zona 5	0,1111	1	0,1250	0,0526	0,0556	0,0588	0,05567
Emplazamiento Zona 14	1	8	1	0,4737	0,4444	0,4706	0,46291
suma	2,1111	18	2,1250				

Tabla 137. Matriz del criterio viabilidad de la inversión (Fuente: propia)



### 20.3. Impacto medioambiental

Las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y el movimiento de tierras conforman el análisis de este criterio los cuales poseen porcentajes de peso diferentes atendiendo a su importancia, correspondiéndose con el 55% y 45% respectivamente.

Sobre el movimiento de tierras se diferencian los metros cúbicos de desmonte, terraplén y transportados a vertedero lo que ha permitido establecer el mismo porcentaje sobre ellos para realizar el análisis con mayor precisión, disponiéndose un porcentaje del 33,33% a cada uno de ellos del 45% dispuestos sobre este factor.

	Emisión de CO <sub>2</sub> (t)	Desmonte (m <sup>3</sup> )	Terraplén (m <sup>3</sup> )	Transportados a vertedero (m <sup>3</sup> )			
					45%		
					33,33%	33,33%	33,33%
Emplazamiento Zona 4	421,1640	321.974,28	147.369,46	150.853,46			
Emplazamiento Zona 5	162,6030	357.755,30	199.183,15	162.466,13			
Emplazamiento Zona 14	335,1735	422.445,07	155.178,54	272.352,35			

Tabla 138. Emisiones de CO<sub>2</sub> y movimiento de tierras de cada uno de los emplazamientos  
(Fuente: propia)

Se va a proceder mediante el mismo procedimiento llevado a cabo en los dos criterios anteriores con el objetivo de poder atender las diferencias que puedan existir entre emplazamientos. Una vez finalizadas dichas comparaciones se forma la matriz a emplear para realizar el análisis de este criterio tras la aplicación de los porcentajes indicados anteriormente. A continuación, se detallan las matrices que conforman este criterio.

b/a	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
	421,164	162,603	335,1735
Emplazamiento Zona 4	1	0,3861	0,7958
Emplazamiento Zona 5	2,5901	1	2,0613
Emplazamiento Zona 14	1,2566	0,4851	1

Tabla 139. Matriz de emisiones de CO<sub>2</sub> entre emplazamientos  
(Fuente: propia)

b/a	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
	321.974,28	357.755,30	422.445,07
Emplazamiento Zona 4	1	1,1111	1,3121
Emplazamiento Zona 5	0,90	1	1,1808
Emplazamiento Zona 14	0,7622	0,8469	1

Tabla 140. Matriz de desmonte entre emplazamientos  
(Fuente: propia)

b/a	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
	147.369,46	199.183,15	155.178,54
Emplazamiento Zona 4	1	1,3515	1,0529
Emplazamiento Zona 5	0,7399	1	0,7791
Emplazamiento Zona 14	0,9497	2,3054	1

Tabla 141. Matriz de terraplén entre emplazamientos  
(Fuente: propia)

b/a	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
	150.853,46	162.466,13	272.352,35
Emplazamiento Zona 4	1	1,0770	1,8054
Emplazamiento Zona 5	0,9285	1	1,6764
Emplazamiento Zona 14	0,5539	1,3136	1

Tabla 142. Matriz de transporte a vertedero entre emplazamientos  
(Fuente: propia)

	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
Emplazamiento Zona 4	1	0,7433	1,0633
Emplazamiento Zona 5	1,8098	1	1,6792
Emplazamiento Zona 14	1,0310	0,9367	1

Tabla 143. Matriz a emplear para el análisis del criterio impacto medioambiental  
(Fuente: propia)

Tras la aplicación de los porcentajes establecidos no pueden identificarse diferencias significativas entre emplazamientos, por este motivo, para aplicar la ponderación mediante la "Escala de Saaty" se atiende a la diferencia entre el mayor y menor valor obtenido para establecer el rango de valores y con ello identificar el valor a disponer en cada caso de dicha escala.

	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
Emplazamiento Zona 4	1	-	0,3200
Emplazamiento Zona 5	1,0665	1	0,9359
Emplazamiento Zona 14	-	-	1

Tabla 144. Diferencia relativa entre valores del criterio impacto medioambiental  
(Fuente: propia)

Máximo valor obtenido	1,8098
Mínimo valor obtenido	0,7433
Diferencia	1,0665
Diferencia relativa entre valores de la Escala de Saaty	1,0665 / 9 = 0,1185

Puntuación Escala de Saaty	Rangos atendiendo a la diferencia relativa		
1	0	-	0,1185
2	0,1185	-	0,2370
3	0,2370	-	0,3555
4	0,3555	-	0,4740
5	0,4740	-	0,5925
6	0,5925	-	0,7110
7	0,7110	-	0,8295
8	0,8295	-	0,9480
9	0,9480	-	1,0665

Tabla 145. Escala de Saaty atendiendo a la diferencia relativa entre valores del criterio impacto medioambiental (Fuente: propia)

Aplicada dicha ponderación se obtiene finalmente la matriz que caracteriza a este criterio la cual se detalla a continuación junto con su matriz normalizada y valores promedios para cada emplazamiento.

	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14	Matriz normalizada			Promedio
Emplazamiento Zona 4	1	0,1111	3	0,0968	0,0899	0,2500	0,14555
Emplazamiento Zona 5	9	1	8	0,8710	0,8090	0,6667	0,78221
Emplazamiento Zona 14	0,3333	0,1250	1	0,0323	0,1011	0,0833	0,07224
suma	10,3333	1,2361	12				

Tabla 146. Matriz del criterio impacto medioambiental (Fuente: propia)

#### 20.4. Impacto social

Como se indicó anteriormente el número de aerogeneradores que puedan ser vistos desde los municipios cercanos caracteriza a este criterio, a continuación, se indica el porcentaje correspondiente a cada uno de los emplazamientos.

	Aerogeneradores visibles (%)
Emplazamiento Zona 4	47,06
Emplazamiento Zona 5	75
Emplazamiento Zona 14	58,33

Tabla 147. Porcentaje de aerogeneradores visibles de cada emplazamiento (Fuente: propia)

Un único factor conforma este criterio, por lo que, comparando cada uno de los valores entre emplazamientos puede obtenerse la siguiente matriz que lo caracteriza.

	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
Emplazamiento Zona 4	1	1,5938	1,2396
Emplazamiento Zona 5	0,6275	1	0,7778
Emplazamiento Zona 14	0,8067	1,2857	1

Tabla 148. Matriz a emplear para el análisis del criterio impacto social (Fuente: propia)

No pueden identificarse diferencias significativas entre emplazamientos, por este motivo, se procede como en los casos anteriores para aplicar la ponderación mediante la "Escala de Saaty".

	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
Emplazamiento Zona 4	1	0,9663	0,6121
Emplazamiento Zona 5	-	1	0,1503
Emplazamiento Zona 14	-	-	1

Tabla 149. Diferencia relativa entre valores del criterio impacto social (Fuente: propia)

Máximo valor obtenido	1,5938
Mínimo valor obtenido	0,6275
Diferencia	0,9663
Diferencia relativa entre valores de la Escala de Saaty	0,9663 / 9 = 0,1074

Puntuación Escala de Saaty	Rangos atendiendo a la diferencia relativa		
1	0	-	0,1074
2	0,1074	-	0,2147
3	0,2147	-	0,3221
4	0,3221	-	0,4295
5	0,4295	-	0,5368
6	0,5368	-	0,6442
7	0,6442	-	0,7516
8	0,7516	-	0,8589
9	0,8589	-	0,9663

Tabla 150. Escala de Saaty atendiendo a la diferencia relativa entre valores del criterio social (Fuente: propia)

Aplicada la ponderación indicada se obtiene finalmente la matriz que caracteriza a este criterio, identificada en la **Tabla 151**.

	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14	Matriz normalizada			Promedio
Emplazamiento Zona 4	1	1	9	0,4737	0,4286	0,6923	0,53152
Emplazamiento Zona 5	1	1	3	0,4737	0,4286	0,2308	0,37767
Emplazamiento Zona 14	0,1111	0,3333	1	0,0526	0,1429	0,0769	0,09080
suma	2,1111	2,3	13				

Tabla 151. Matriz del criterio impacto medioambiental (Fuente: propia)

### 20.5. Facilidad del transporte

Este criterio está conformado por la distancia a las instalaciones de fabricación de las palas junto con el porcentaje correspondiente de las pendientes longitudinales mayores al 10% por ello se establece un porcentaje del 90% y del 10% respectivamente para realizar la evaluación de este criterio con la mayor precisión.

Puede observarse como el emplazamiento ubicado en la Zona 4 se encuentra en las inmediaciones de la fábrica de los elementos de mayor longitud y como entre ellos no presentan valores dispares entre los porcentajes de las pendientes longitudinales, por lo que, el análisis de este criterio mediante este método será muy adecuado.

	Distancia fábrica de palas (km)	Porcentajes de pendientes > 10% (%)
Emplazamiento Zona 4	7,1	24,49
Emplazamiento Zona 5	25,8	10,53
Emplazamiento Zona 14	251	13,04

Tabla 152. Distancia a la fábrica de palas y porcentaje de pendientes mayores al 10% de los emplazamientos (Fuente: propia)

Atendiendo a el mismo procedimiento llevado a cabo en los cuatro criterios analizados, se realiza la relación de cada uno de ellos respecto al resto para atender a las pequeñas diferencias determinantes que puedan existir entre emplazamientos. Posteriormente se construirá la matriz que permitirá el análisis de este criterio tras la aplicación de los porcentajes establecidos, a continuación, se detallan las tres matrices obtenidas.

b/a	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14	b
	7,1	25,8	251	
Emplazamiento Zona 4	1	3,6338	35,3521	
Emplazamiento Zona 5	0,2752	1	9,7287	
Emplazamiento Zona 14	0,0283	0,1028	1	

Tabla 153. Matriz de distancia a la fábrica de palas (Fuente: propia)

b/a	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14	b
	24,49	10,53	13,04	
Emplazamiento Zona 4	1	0,4298	0,5326	
Emplazamiento Zona 5	2,3265	1	1,2391	
Emplazamiento Zona 14	1,8776	0,8070	1	

Tabla 154. Matriz de porcentaje de pendientes superiores al 10% (Fuente: propia)

	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
Emplazamiento Zona 4	1	3,3134	31,8702
Emplazamiento Zona 5	0,4803	1	8,8797
Emplazamiento Zona 14	0,2132	0,1732	1

Tabla 155. Matriz a emplear para el análisis del criterio facilidad del transporte (Fuente: propia)

Tras la aplicación de los porcentajes establecidos pueden identificarse diferencias significativas entre emplazamientos, sin embargo, para aplicar la ponderación mediante la "Escala de Saaty" se procede del mismo modo empleado en el resto de los criterios.

	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14
Emplazamiento Zona 4	1	3,1402	31,6970
Emplazamiento Zona 5	-	1	8,7065
Emplazamiento Zona 14	-	-	1

Tabla 156. Diferencia relativa entre valores del criterio facilidad del transporte (Fuente: propia)

Máximo valor obtenido	Puntuación Escala de Saaty	Rangos atendiendo a la diferencia relativa	
31,8701	1	0	3,5219
Mínimo valor obtenido	2	3,5219	7,0438
0,1732	3	7,0438	10,5657
Diferencia	4	10,5657	14,0875
31,6970	5	14,0875	17,6094
	6	17,6094	21,1313
	7	21,1313	24,6532
Diferencia relativa entre valores de la Escala de Saaty	8	24,6532	28,1751
31,6970 / 9 = 3,5219	9	28,1751	31,6970

Tabla 157. Escala de Saaty atendiendo a la diferencia relativa entre valores del criterio facilidad del transporte (Fuente: propia)

Aplicada dicha ponderación se obtiene finalmente la matriz que caracteriza a este criterio la cual se detalla a continuación junto con su matriz normalizada y valores promedios para cada emplazamiento.

	Emplazamiento Zona 4	Emplazamiento Zona 5	Emplazamiento Zona 14	Matriz normalizada			Promedio
Emplazamiento Zona 4	1	1	9	0,4737	0,4286	0,6923	0,53152
Emplazamiento Zona 5	1	1	3	0,4737	0,4286	0,2308	0,37767
Emplazamiento Zona 14	0,1111	0,3333	1	0,0526	0,1429	0,0769	0,09080
suma	2,1111	2,3333	15				

Tabla 158. Matriz del criterio facilidad del transporte  
(Fuente: propia)

## 21. Matriz comparativa

Determinadas las matrices de cada uno de los criterios junto con el valor promedio de cada emplazamiento atendiendo a cada uno de ellos se procede a el cálculo de la **matriz comparativa**. Esta se caracteriza por estar formada por todos los valores promedios estimados para cada uno de los emplazamientos respecto a cada criterio establecidos.

El valor total ponderado de cada emplazamiento se determina a partir del producto de valores promedios estimados para cada alternativa respecto a cada criterio por los valores promedio de cada criterio determinados en la matriz de decisión. Todo ello permite determinar el emplazamiento óptimo donde albergar un parque eólico de la Comunidad Valenciana de los desarrollados.

	Aprovechamiento energético	Viabilidad de la inversión	Impacto medioambiental	Impacto social	Facilidad del transporte	Total ponderado
Emplazamiento Zona 4	0,7020	0,4814	0,1456	0,7688	0,5315	0,54171
Emplazamiento Zona 5	0,0556	0,0557	0,7822	0,1348	0,3777	0,19384
Emplazamiento Zona 14	0,2424	0,4629	0,0722	0,0964	0,0908	0,26445
Promedio matriz de decisión	0,3636	0,3249	0,1592	0,1093	0,0430	

Tabla 159. Matriz comparativa  
(Fuente: propia)

Por lo tanto, el emplazamiento ubicado en la **Zona 4** en las inmediaciones del municipio de les **Coves de Vinromà** en la provincia de Castellón resulta ser la ubicación óptima de los analizados tras las consideración de los criterios desarrollados en este estudio.

Permitirá la instalación de **34 MW de potencia** mediante 17 aerogeneradores de 2 MW de potencia cada uno distribuidos en cuatro filas conectados entre sí por una obra lineal que alcanza **12.248,25 metros**. Asimismo, podrá alcanzarse una producción anual de **93.592 MWh** y emitir únicamente **421,16 toneladas de CO<sub>2</sub>** a la atmosfera.

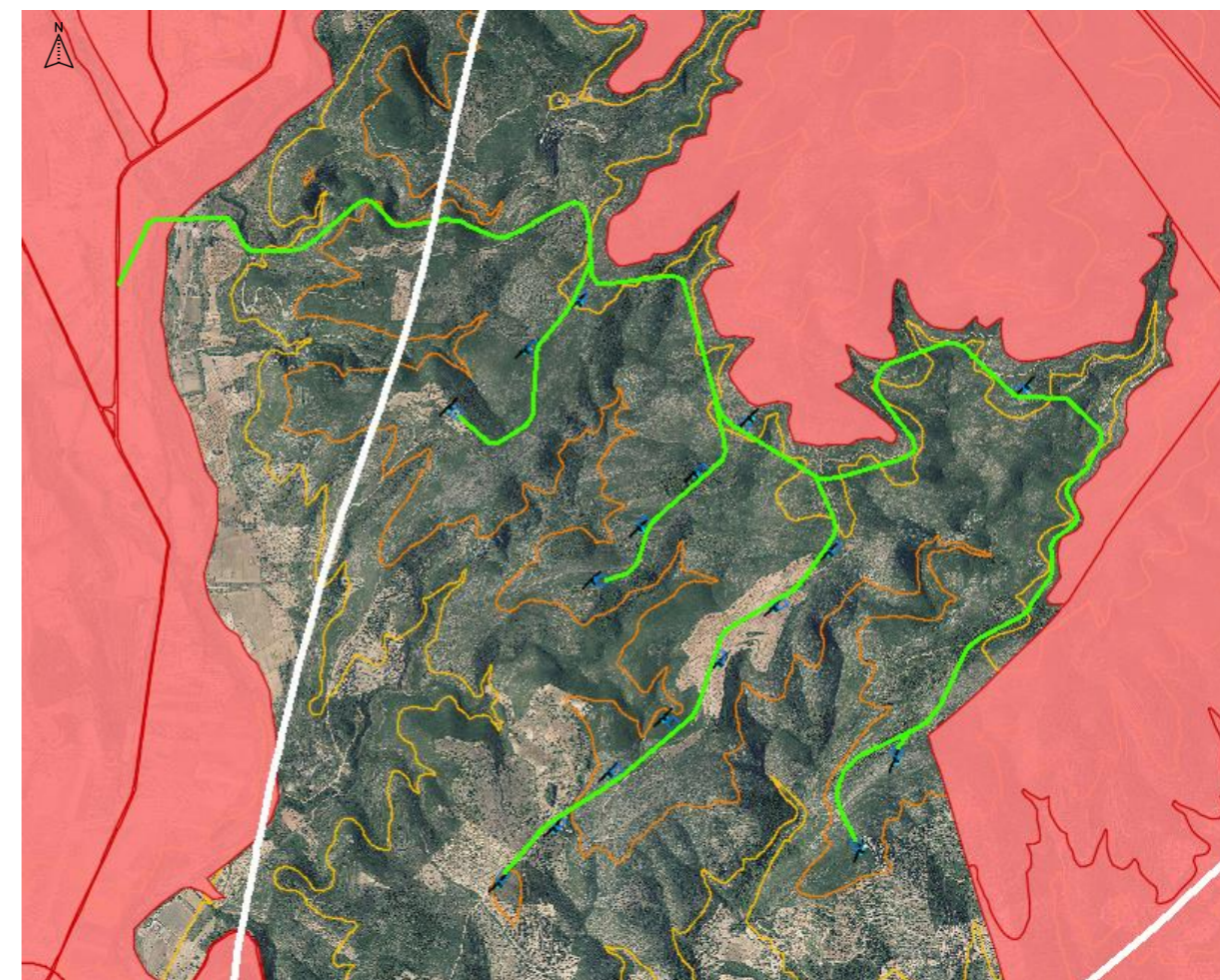


Figura 112. Emplazamiento óptimo donde implantar un parque eólico en la Comunidad Valenciana  
(Fuente: propia)

## 22. Resumen

La determinación de un emplazamiento óptimo en la Comunidad Valenciana para albergar sobre él un parque eólico ha requerido el **estudio previo** de las zonas marcadas por el Plan Eólico, aquellas sobre las que ya se lleva a cabo el aprovechamiento del recurso eólico han sido descartadas con el objetivo de fomentar y emplazar este tipo de energía e industria en otros municipios de la comunidad.

Sobre las zonas disponibles se realiza un análisis a partir de tres criterios: ambiental y paisajístico, eólico y logístico; con el objetivo de determinar emplazamientos óptimos donde albergar dicho parque eólico al permitir y garantizar un buen aprovechamiento de este tipo de recurso. Finalmente, tres emplazamientos de los obtenidos se consideran para desarrollar este estudio.

- Zona 4 - Coves de Vinromà
- Zona 5 - Vilafamés y La Pobla Tornesa
- Zona 14 - Xixona

Determinados los emplazamientos posibles donde ubicar el parque eólico es analizado en mayor profundidad el **aprovechamiento energético** disponible a partir del perfil de velocidades y distribución de frecuencias de velocidades para cada uno de ellos. Asimismo, se identifica el tipo de viento en cada caso para determinar el modelo de aerogenerador adecuado a disponer tras realizar un análisis técnico y económico.

Una vez conocido el modelo de aerogenerador que conformaría cada una de las zonas desarrolladas se lleva a cabo la **disposición en planta** de los mismos tras atender las limitaciones impuestas por el Plan Eólico y el planeamiento urbanístico sin olvidar la orografía montañosa que caracteriza a los tres emplazamientos. Seguidamente se obtiene el **aprovechamiento energético** posible a alcanzar atendiendo a la potencia instalada, producción anual y emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera, todo ello a partir del número y ubicación exacta de los aerogeneradores.

Para poseer una valoración más precisa de la implantación de un parque eólico en cada una de las zonas se realiza el **diseño de la obra lineal** que conformaría cada uno de ellos. De los tres emplazamientos escogidos se realiza en un primer lugar el estudio de una serie de condicionantes para el correcto diseño de los viales en planta y alzado así como su sección transversal.

El diseño de la obra lineal permite determinar el volumen de **movimiento de tierras** necesario para ejecutar este tipo de infraestructura, considerándose también la formación y regeneración de las plataformas.

Una vez calculado el aprovechamiento energético posible a alcanzar y diseñado la obra lineal se realiza una **valoración económica de la inversión** de cada una de ellas junto con el posterior análisis de la posible **viabilidad** de ejecución atendiendo únicamente al factor económico.

A partir de todos los valores obtenidos se realiza un **análisis multicriterio** con la aplicación del método AHP y la consideración de cinco criterios para determinar finalmente cuál de los tres emplazamientos desarrollados se corresponde con el óptimo.

Finalmente, el emplazamiento ubicado en la **Zona 4** en las inmediaciones del municipio de les **Coves de Vinromà** en la provincia de Castellón resulta ser la ubicación óptima de los analizados tras las consideración de los criterios desarrollados en este estudio.

## 23. Conclusión

El estudio para la implementación de un parque eólico en la Comunidad Valenciana ha permitido identificar cuál de los tres emplazamientos desarrollados se corresponderá con el más adecuado para aprovechar el recurso eólico.

Los emplazamientos propuestos fueron seleccionados tras la realización de estudios previos a partir del análisis energético, logístico, ambiental y paisajístico. Posteriormente, sobre cada uno de ellos ha sido determinado el número y la disposición en planta de los aerogeneradores que caracterizaría cada uno de ellos junto con el aprovechamiento energético. Asimismo, para conseguir una valoración más objetiva se ha realizado el diseño de la obra lineal, la estimación del movimiento de tierras y el coste de inversión que conllevaría la ejecución de cada parque eólico.

En los tres casos se ha procedido de manera que se pueda aprovechar al máximo el recurso eólico, se garantice la máxima integración ambiental así como facilitar el transporte durante la fase de construcción y explotación de los distintos parques eólicos.

El desarrollo de este estudio ha permitido identificar la envergadura y la complejidad de este tipo de proyectos junto con la dificultad que supone la transición energética debido a los escasos espacios posibles para desarrollar este fin. La necesidad de dicha transición conlleva a la aplicación de los conocimientos adquiridos para satisfacer y favorecer la demanda de la sociedad, caracterizándose en este caso por permitir la generación y consumo de la energía de manera sostenible gracias a la figura transversal adquirida en esta profesión.

Valencia, febrero de 2023

La autora del estudio



Ángela Jiménez Rollón



## 24. Bibliografía

- «La eólica en el mundo». Asociación Empresarial Eólica.  
<https://aeeolica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-en-el-mundo/>
- «La eólica y sus ventajas». Asociación Empresarial Eólica.  
<https://aeeolica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-y-sus-ventajas/>
- «La eólica en España». Asociación Empresarial Eólica,  
<https://aeeolica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-en-espana/>
- «Objetivos y metas de desarrollo sostenible». Desarrollo Sostenible,  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- «Información pública de energía - Energía y Minas - Generalitat Valenciana». Energía y Minas,  
<https://cindi.gva.es/ca/web/energia/informacion-publica>
- «Normativa». Asociación Empresarial Eólica,  
<https://aeeolica.org/sobre-la-eolica/normativa/>
- «Historia-de-la-energia-eolica.pdf», s. f.
- «¿Dónde están los parques eólicos en España?» Mint for people, 24 de febrero de 2022,  
<https://mintforpeople.com/noticias/parques-eolicos-espana/>
- «Mapa de parques eólicos». Asociación Empresarial Eólica,  
<https://aeeolica.org/sobre-la-eolica/mapa-de-parques-eolicos/>
- «Mapa de instalaciones eólicas». Asociación Empresarial Eólica,  
<https://aeeolica.org/sobre-la-eolica/mapa-de-instalaciones-eolicas/>
- La Comunitat Valenciana tiene 36 parques eólicos en funcionamiento y otros 32 solicitados.  
<https://www.agronewscomunitatvalenciana.com/la-comunitat-valenciana-tiene-36-parques-eolicos-en-funcionamiento-y-otros-32-solicitados>
- «Plan Eólico de la Comunitat Valenciana - Energía y Minas - Generalitat Valenciana». Energía y Minas,  
<https://cindi.gva.es/ca/web/energia/pla-eolic-de-la-comunitat-valenciana>
- «Carreteras de la Comunitat Valenciana - Carreteras - Generalitat Valenciana». Carreteras,  
<https://politicaterritorial.gva.es/ca/web/carreteras/mapas-car/carreteras-cv-car>
- «Catálogo de Vías Pecuarias de la Comunitat Valenciana - Medio Natural - Generalitat Valenciana». Medio Natural,  
<https://agroambient.gva.es/ca/web/medio-natural/catalogo-de-vias-pecuarias>
- Red Eléctrica. «mapa\_red\_electrica\_transporte\_iberico\_2018»  
<https://www.ree.es/es>
- «Planeamiento urbanístico vigente - Urbanismo - Generalitat Valenciana». Urbanismo,  
<https://politicaterritorial.gva.es/ca/web/urbanismo/registro-autonomico-de-instrumentos-de-planeamiento-urbanistico>
- Red Natura 2000.  
<https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/>
- Análisis del Recurso. Atlas eólico de España  
<https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/eolica/atlas-eolico>
- Mapa Eólico Ibérico.  
<https://www.mapaeolicoiberico.com/map;latitude=42.81953;longitud=-.63290;altura=50;dato=micro>
- CORINE Land Cover 2018 (España) - Conjunto de datos.  
<http://datos.gob.es/es/catalogo/e00125901-spaignlc2018>
- Fabricantes de aerogeneradores de España.  
<https://es.wind-turbine-models.com/manufacturers?country=es>
- Enercon.  
<https://www.enercon.de/home/>
- Wind, Hydro, Solar and Hybrid Power | GE Renewable Energy.  
<https://www.ge.com/renewableenergy/home>
- Nordex SE – Español  
<https://www.nordex-online.com/es/>
- ACCIONA | BUSINESS AS UNUSUAL.  
<https://www.accion.com/es/>
- La empresa líder en energías renovables | Siemens Gamesa.  
<https://www.siemensgamesa.com/es-es>
- Global Leader in Sustainable Energy | Vestas.  
<https://www.vestas.com/en>
- MapasIGME - Portal de cartografía del IGME: Cartografía del IGME.  
<http://info.igme.es/cartografiadigital/portada/default.aspx?mensaje=true>

- Nueva cartografía de ensayos geotécnicos - Noticias - Generalitat Valenciana.  
[https://idev.gva.es/es/noticias/-/asset\\_publisher/dOxBs2UiXZh1/content/nueva-cartografia-de-ensayos-geotecnicos](https://idev.gva.es/es/noticias/-/asset_publisher/dOxBs2UiXZh1/content/nueva-cartografia-de-ensayos-geotecnicos)
- Nacional, O. A. Centro Nacional de Información Geográfica, Instituto Geográfico. «Plan Nacional de Ortofotografía Aérea». Plan Nacional de Ortofotografía Aérea,  
<https://pnoa.ign.es/>
- Norma 6.1 IC -Secciones de firme.  
[https://www.mitma.gob.es/recursos\\_mfom/1010100.pdf](https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/1010100.pdf)
- Instrucción de carreteras Norma 3.1-IC.  
<https://www.boe.es/boe/dias/2016/03/04/pdfs/BOE-A-2016-2217.pdf>
- «II Máster Energía Solar y Renovables. Módulo\_ Energía eólica Tema 6\_ Obra civil e Infraestructura eléctrica de un Parque Eólico - PDF Descargar libre.pdf», s. f.
- Generador de precios de la construcción de CYPE Ingenieros.  
<http://generadorprecios.cype.es/>
- «Descubre por qué el CO2 disminuye con la energía eólica». Mint for people, 9 de junio de 2022,  
<https://mintforpeople.com/noticias/por-que-el-co2-disminuye-con-la-energia-eolica/>
- Plan de Energías Renovables 2011-2020  
<https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/plan-de-energias-renovables-2011-2020>