Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo. Junta de Andalucía

Recomendaciones para la Evaluación Ambiental de Parques Eólicos en Andalucía



INFORME FINAL DE PROYECTO

Versión 1.0 - Abril 2017

IISTA
Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía
UNIVERSIDAD DE GRANADA
UNIVERSIDAD D CÓRDOBA
Estación Biológica Doñana CSIC

Índice

Índice I

Índice de figuras IV

1. Introducción 1
- 1.1. Antecedentes . . . 1
- 1.2. Redacción de las Recomendaciones . . . 1
- 1.3. Definiciones . . . 3
- 1.4. Objetivos . . . 3
- 1.5. Metodología y ámbito de aplicación . . . 3
- 1.6. Estructura del documento . . . 4
- 1.7. Criterios generales de proyecto . . . 4

2. Marco legislativo 6
- 2.1. Introducción . . . 6
- 2.2. Legislación europea . . . 6
- 2.3. Legislación estatal . . . 6
- 2.4. Legislación autonómica . . . 8

3. Procesos de interacción entre el medio terrestre y el medio atmosférico 10
- 3.1. Escalas de variación y niveles de afección sobre las componentes del medio por la presencia de aerogeneradores . . . 11
  - 3.1.1. Escala de variación espacial dinámica . . . 12
  - 3.1.2. Escala de variación temporal . . . 12
    - 3.1.2.1. Duración . . . 12
    - 3.1.2.2. Frecuencia . . . 12
    - 3.1.2.3. Reversibilidad . . . 13
  - 3.1.3. Nivel de afección . . . 13
    - 3.1.3.1. Extensión de la afección . . . 13
    - 3.1.3.2. Intensidad de la afección . . . 13

4. Fase de diseño y memoria 18
- 4.1. Introducción . . . 18
- 4.2. Caracterización del medio físico y del sistema . . . 18
  - 4.2.1. Clasificación de parques eólicos en función de sus características y condiciones . . . 18
  - 4.2.2. Localización geográfica del emplazamiento . . . 20
    - 4.2.2.1. Cartografía global y local . . . 20
    - 4.2.2.2. Mapa eólico y campos de viento locales . . . 21
    - 4.2.2.3. Geología y topografía de la zona . . . 22
    - 4.2.2.4. Áreas protegidas y lugares de interés arqueológico o histórico. 22
    - 4.2.2.5. Identificación de sinergias . . . 23

4.2.3. Selección y descripción del sistema . . . 23
4.2.3.1. Aerogenerador . . . 23
4.2.3.2. Número de aerogeneradores y distribución espacial . . . 23
4.3. Componentes del medio susceptibles de afección . . . 24
4.3.1. Capa Límite Atmosférica (CLA) y Capa Límite Superficial (CLS) . . . 24
4.3.2. Geología, topografía y geomorfología . . . 26
4.3.3. Meteorología y sistema hidrológico . . . 29
4.3.4. Ecosistemas y nicho ecológico. Inventario de especies . . . 30
4.3.4.1. Especies vegetales . . . 31
4.3.4.2. Especies faunísticas. Avifauna y murciélagos . . . 33
4.3.5. Calidad atmosférica y lumínica . . . 39
4.3.6. Contaminación acústica . . . 41
4.3.7. Impacto sobre el paisaje . . . 43
4.3.8. Residuos . . . 46
4.3.9. Calidad de vida de la población y patrimonio cultural . . . 47
4.4. Mapas de peligrosidad y vulnerabilidad . . . 49
4.5. Análisis de alternativas . . . 49
4.5.1. Estudio de sinergias entre las infraestructuras y los componentes del medio . . . 50
4.5.2. Valoración de la viabilidad del proyecto . . . 52
4.6. Plan de vigilancia y seguimiento ambiental (PVSA). Ley 21/2013 . . . 52

5. Fase de proyecto constructivo **53**
5.1. Descripción de las obras . . . 53
5.1.1. Temporalidad de las actuaciones . . . 54
5.1.2. Accesos . . . 54
5.1.3. Instalaciones dentro del parque. Montaje de aerogeneradores . . . 55
5.1.4. Infraestructura eléctrica . . . 55
5.1.5. Señalización e iluminación . . . 55
5.2. Gestión de residuos . . . 55

6. Fase de explotación **56**
6.1. Puesta en marcha de las instalaciones . . . 57
6.1.1. Periodos de explotación . . . 57
6.1.2. Condicionantes y metodología en la explotación del parque eólico . . . 57
6.1.3. Mantenimiento periódico de las instalaciones . . . 57
6.2. Actividades divulgativas y turísticas . . . 57

7. Fases de desmantelamiento y restauración ambiental **58**
7.1. Repotenciación y prolongación de vida útil . . . 58
7.2. Desmantelamiento . . . 60
7.2.1. Introducción . . . 60
7.2.2. Plan de desmantelamiento. Identificación de las zonas a desmantelar y restaurar . . . 60

7.2.3. Gestión de residuos . . . 60
7.2.4. Medidas protectoras, correctoras y compensatorias . . . 61
7.3. Proyecto de restauración . . . 61
7.3.1. Definición y objetivos . . . 61
7.3.2. Comparación con el estado inicial y evolución del área afectada . . . 61
7.3.2.1. Zonificación. Clasificación de áreas afectadas . . . 62
7.3.3. Evaluación y selección de alternativas . . . 62
7.3.4. Etapas de la restauración . . . 62

Referencias **64**

A. Procedimiento administrativo **70**
A.1. Consultas previas . . . 70
A.1.1. Memoria resumen . . . 70
A.1.2. Consultas . . . 70
A.1.3. Información a la persona o entidad promotora . . . 71
A.2. Autorizaciones . . . 71
A.2.1. Introducción . . . 71
A.2.2. Identificación de competencias . . . 71
A.2.3. Autorización Ambiental Unificada (AAU) . . . 72
A.2.3.1. Procedimiento de AAU . . . 73
A.2.3.2. Comprobación y puesta en marcha . . . 75
A.2.3.3. Vigilancia, inspección y control ambiental . . . 75
A.2.3.4. Cese de actividad . . . 75
A.2.3.5. Parques eólicos competencia de la Administración General del Estado . . . 75
A.2.3.6. Calificación Ambiental (CA) . . . 75

B. Definiciones **77**

C. Bases de datos **83**
C.1. Capa Límite Atmosférica y Capa Límite Superficial. Campos de viento. . . . 83
C.2. Transformación atmosférica (downscaling) . . . 83
C.3. Especies de aves . . . 84
C.4. Especies de murciélagos . . . 85
C.5. Vegetación . . . 85

D. Fuentes de información **85**
D.1. Cartográficas . . . 86
D.2. Meteorológicas . . . 87
D.3. Energéticas . . . 87
D.4. Ambientales . . . 88
D.5. Sociales y culturales . . . 89

Índice de figuras

1. Organigrama general de seguimiento para un proyecto de energía eólica terrestre. 5
2. Organigrama general de Dinámica Atmosférica. 14
3. Organigrama de procesos a escala sinóptica. 15
4. Organigrama de procesos de mesoescala. 16
5. Organigrama de procesos en la Capa Límite Atmosférica. 17
6. Organigrama a seguir en la fase de diseño y memoria. 19
7. Organigrama de los tipos de parques eólicos existentes en Andalucía. 20
8. Organigrama para la construcción de mapas de peligrosidad y vulnerabilidad. 50
9. Organigrama para la selección de alternativas. 51
10. Organigrama para la fase de proyecto constructivo. 53
11. Organigrama para la fase de explotación. 56
12. Organigrama para la fase de desmantelamiento y restauración ambiental. . 59
13. Organigrama para distintos tipos de autorización. 72
14. Organigrama para la Evaluación de Impacto Ambiental. 74
15. Organigrama del proceso de transformación de datos de viento (downscaling atmosférico). 84

1. Introducción

1.1. Antecedentes

Dado el auge de las energías renovables y la reducción progresiva de los combustibles fósiles, las políticas y legislaciones han sido adaptadas para la conservación y protección del medio ambiente. Se está produciendo en los últimos años un incremento exponencial del uso de energía eólica, siendo el tercer tipo de energía más usada a nivel mundial (incluyendo las energías convencionales), y situando a España como el cuarto país en mayor producción de potencia.

El hecho de ser una tecnología eficiente y competitiva a nivel económico y de abastecimiento, procede de los avances en términos de diseño y de distribución espacial de infraestructuras; aumentando en número, tamaño y complejidad a nivel individual y a nivel de parque. Se han conseguido aerogeneradores más aerodinámicos y de mayor potencia, que posicionados espacialmente de forma adecuada aprovechan al máximo el potencial eólico de la zona.

El principio de producción de energía eólica se basa en la extracción de energía cinética de las corrientes de viento. Este proceso trae asociadas una serie de afecciones ambientales que han de ser estudiadas y cuantificadas, con el objetivo de ser mitigadas y corregidas o en su defecto compensadas. Pues a pesar de que la contaminación por parte de las energías renovables es casi despreciable, si pueden influir negativamente sobre el medio.

Los parques eólicos suelen ubicarse en emplazamientos singulares, caracterizados por una topografía, vegetación, ecosistemas y fauna de alto valor ecológico. Son zonas que, en muchos casos, disfrutan de figuras de protección ambiental, están poco modificadas por la acción humana y son representativos del patrimonio paisajístico. En ellas se desarrollan en toda su plenitud los procesos de intercambio entre la atmósfera y la litosfera, la vegetación y los ecosistemas. La construcción, explotación y desmantelamiento de las turbinas eólicas alteran cualitativa y cuantitativamente estos procesos, afectando a sus diferentes escalas espacio-temporales y extendiendo sus efectos más allá de la ubicación del parque y del tiempo de explotación. Todos los impactos sobre los procesos y componentes ambientales, así como el impacto socio-económico, serán desarrollados en el apartado 4.3 y tomados como eje para la redacción de recomendaciones.

1.2. Redacción de las Recomendaciones

Estas recomendaciones han sido redactadas y dirigidas por el Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales de la Universidad de Granada, bajo la dirección de Miguel Ángel Losada Rodríguez, y con la colaboración del Grupo de Dinámica Fluvial e Hidrología de la Universidad de Córdoba y los Departamentos de Conservación Biológica y Etología y Conservación de la Biodiversidad de la Estación Biológica de Doñana (CSIC).

- **Autor principal del documento.**
  - María Jiménez Portaz, Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales, Universidad de Granada.

- **Investigadores principales de cada uno de los grupos:**
  - Miguel Ángel Losada Rodríguez, Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales, Universidad de Granada.
  - María José Polo Gómez, Grupo de Dinámica Fluvial e Hidrología, Universidad de Córdoba.
  - José Antonio Donázar Sancho, Estación Biológica de Doñana. CSIC.
  - Carlos Ibáñez Ulargui, Estación Biológica de Doñana. CSIC.
- **Miembros participantes en sus Grupos de Trabajo:**
  - Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales, Universidad de Granada.
    - María Clavero Gilabert.
    - Francisco Javier Bello Millán.
    - Pedro Folgueras Rodríguez.
  - Grupo de Dinámica Fluvial e Hidrología, Universidad de Córdoba.
    - Marta Egüen Sánchez.
    - Rafael Pimentel Leiva.
    - María José Pérez Palazón.
    - Zacarías Gulliver Acevedo.
    - Luis Martín Martínez.
    - María del Mar Moreno González.
    - Alicia Jurado López.
    - Elena Herrera Romero.
  - Departamentos de Conservación Biológica y Etología y Conservación de la Biodiversidad. Estación Biológica de Doñana. CSIC.
    - Ana Sánz Aguilar.
    - José Antonio Sánchez Zapata.
    - Esther Sebastián González.
    - Martina Carrete.
    - Juan Manuel Pérez García.
    - Manuel de la Riva.
    - Sonia Sánchez Navarro.
- **Colaboradores en el proceso de revisión del documento:**
  - Jose Manuel Moreira Madueño. Coordinador del Área de Información, Evaluación, Análisis Ambiental y Fondos Europeos. Junta de Andalucía.
  - Jorge Juan Feijóo González. Jefe de Servicio de Prevención y Control Ambiental. Junta de Andalucía.

- Francisco Cáceres Clavero. Jefe de Servicio de Información Ambiental. Junta de Andalucía.
- Juan José Guerrero Álvarez. Junta de Andalucía.
- Francisco Montoya. Colectivo Ornitológico Cigüeña Negra (COCN).
- Daniel López Marijuán. Área de residuos. Confederación de Ecologistas en Acción.
- Miguel J. Garrido Mora. Servicio de Gestión del Medio Natural. Junta de Andalucía.
- Ángel Luis Fernández Mansilla. Junta de Andalucía.
- Jose Carlos Norman Barea. Jede de Servicio de Protección Ambiental. Delegación Territorial de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía.
- Octavio Infante. Red Natura 2000, IBA y Espacios Naturales Protegidos. Área de Conservación de Especies y Espacios. SEO/BirdLife.

1.3. Definiciones

Se han incorporado definiciones que pueden ser de utilidad para la comprensión del texto, entre las cuales se incluyen definiciones básicas, específicas y técnicas. Todas ellas se agrupan en el anexo B.

1.4. Objetivos

A partir del análisis integral y pormenorizado de los principales efectos ambientales de los campos de energía eólica, se pretende proporcionar un conjunto de recomendaciones y directrices para el desarrollo de proyectos de generación de energía eólica en tierra, siempre atendiendo a la legislación vigente 2.

Se proporciona una metodología integradora, mejorada y adaptada a la naturaleza dinámica del medio. Que incluye procedimientos, indicadores y herramientas necesarias para evaluar el impacto, y sugiriendo una serie de medidas protectoras, correctoras y compensatorias.

1.5. Metodología y ámbito de aplicación

La metodología usada se compone de dos partes principales, por un lado se ha realizado una revisión de los impactos ambientales en parques eólicos y de la normativa y requisitos exigidos en las distintas legislaciones a nivel internacional, estatal y regional. Por otro, se ha utilizado la información obtenida a través de trabajos experimentales realizados por los participantes en los diferentes centros de investigación.

Esta metodología ha sido elaborada para ser aplicable al estudio y evaluación de parques eólicos terrestres en Andalucía. Así como al seguimiento, control ambiental y monitorización de todas las acciones llevadas a cabo durante las fases de proyecto y sus efectos.

1.6. Estructura del documento

El documento se estructura en siete grandes bloques. Los cuatro primeros engloban antecedentes, legislación aplicable a energía eólica, un resumen de la dinámica atmosférica, y el análisis ambiental en las fases de estudio previo. El bloque 5 se centra en la evaluación ambiental durante el proceso constructivo y el 6 durante la fase de explotación y la vida útil del sistema. Por último, el bloque 7 engloba las fases de desmantelamiento y restauración ambiental, ya que ambas fases están interrelacionadas y solapadas temporalmente.

Finalmente se ha incorporado un anexo A que resume el procedimiento administrativo requerido en los proyectos de energía eólica en Andalucía, un anexo con definiciones B, y dos últimos con información sobre bases de datos C y fuentes de información D.

1.7. Criterios generales de proyecto

En todas las etapas de un proyecto de energía eólica (prediseño, construcción, explotación, desmantelamiento y restauración ambiental) se debe tener en cuenta el impacto generado a nivel ambiental y socio-económico, y para ello se proponen cuatro fundamentos básicos:

- Planificación adecuada del proyecto.
- Comunicación y divulgación de los aspectos generales.
- Evaluación de impacto ambiental.
- Monitorización y mitigación de los impactos generados.

En el diseño influyen factores que definen los estados de proyecto, de los cuales depende la optimización del sistema y su rentabilidad económica. Destacan los factores estructurales y propios del diseño, la disposición de las infraestructuras, las condiciones climáticas y afecciones ambientales, y por último los aspectos formales y la demanda energética. Se definirán condicionantes dependiendo de los siguientes criterios:

- Factores de proyecto.
- Condicionantes del emplazamiento.
- Variabilidad espacial y temporal.
- Condicionantes ambientales.
- Afecciones sobre los componentes ambientales.
- Escala de explotación. Producción y demanda.
- Operatividad.

En cada fase se definen las etapas cronológicas según las peculiaridades del medio y los factores involucrados en cada una. El organigrama general (1) muestra las etapas simplificadas y una visión global del proyecto.

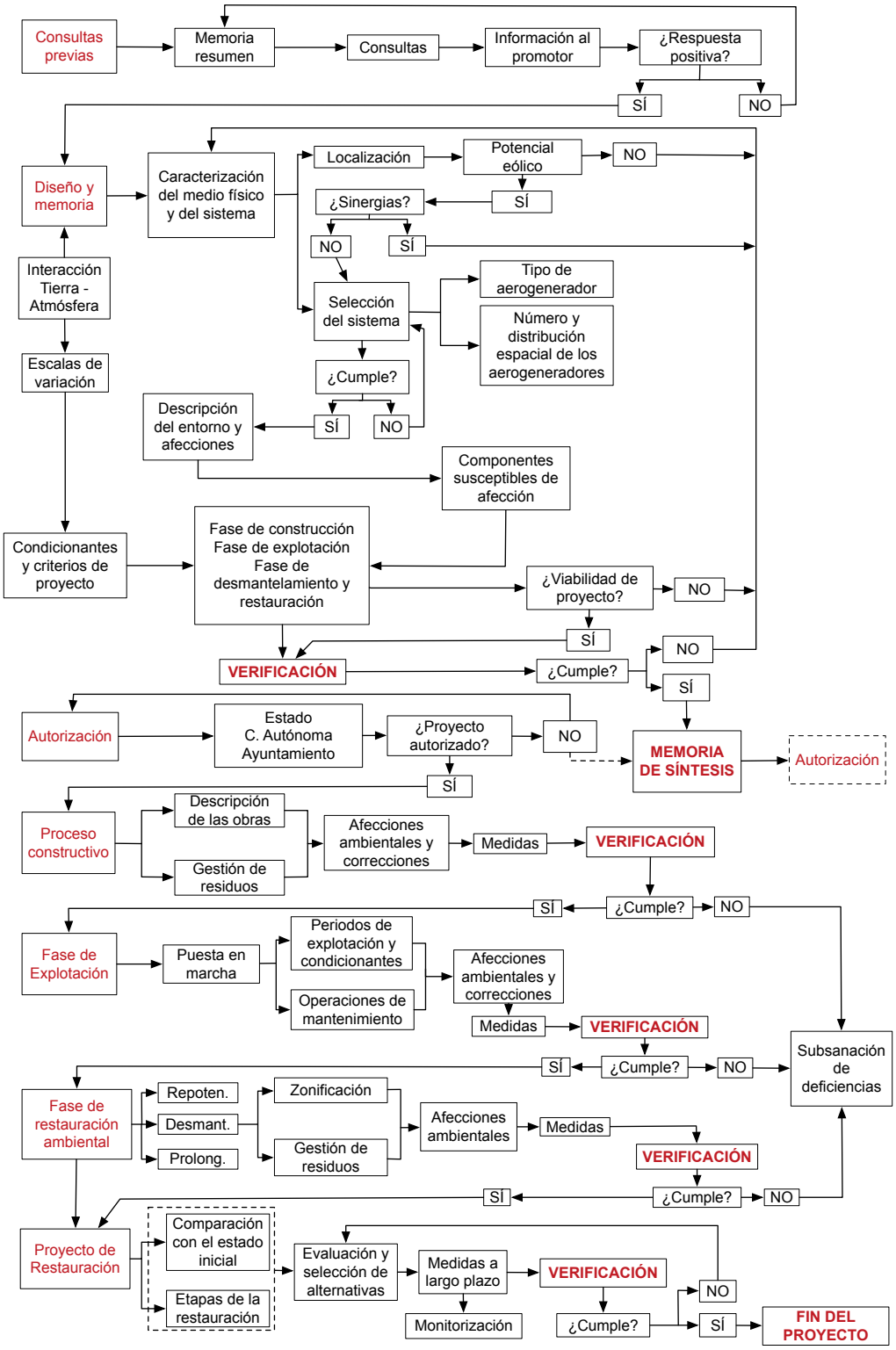


Figura 1: Organigrama general de seguimiento para un proyecto de energía eólica terrestre.

2. Marco legislativo

2.1. Introducción

Con el objetivo de minimizar las afecciones ambientales derivadas de la explotación energética convencional, ha aumentado el interés por el uso de energías renovables. Se han adaptado diversas leyes y planes de protección del medio ambiente para fomentar las energías limpias y adecuar las legislaciones consolidadas a la sostenibilidad ambiental.

En este apartado se recogen algunas de estas leyes y normativas a nivel internacional, estatal y regional; que han sido modificadas desde su primera publicación pero siguen vigentes y actualizadas para marzo de 2017.

2.2. Legislación europea

- 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 2014/52/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, por la que se modifica la Directiva 2011/92/UE, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.
- Europa 2020: Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador.
- Directiva (UE) 2015/996 de la Comisión, de 19 de mayo de 2015, por la que se establecen métodos comunes de evaluación del ruido en virtud de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.
- Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres
- Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres.

2.3. Legislación estatal

- Orden IET/931/2015, de 20 de mayo, por la que se modifica la Orden ITC/1522/2007, de 24 de mayo, por la que se establece la regulación de la garantía del origen de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia.
- Orden IET/2209/2015, de 21 de octubre, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 16 de octubre de 2015, por el que se aprueba el documento de Planificación Energética. Plan de Desarrollo de la Red de Transporte de Energía Eléctrica 2015-2020.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 297/2013, de 26 de abril, por el que se modifica el Decreto 587/1972, de 24 de febrero, de Servidumbres Aeronáuticas.
- Real Decreto 862/2009, de 14 de mayo, por el que se aprueban las normas técnicas de diseño y operación de aeródromos de uso público y se regula la certificación de los aeropuertos de competencia del Estado.
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, por el que se modifica el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre.
- Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero.
- Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establece medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.
- Real Decreto 1421/2006, de 1 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres.
- Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas.

- Ley 10/2015, de 26 de mayo, para la salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial.
- Ley 33/2015, de 21 de septiembre, por la que se modifica la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

2.4. Legislación autonómica

- Ley 2/2007, de 27 de marzo, de fomento de las energías renovables y del ahorro y eficiencia energética de Andalucía.
- Ley 1/1994, de 11 de enero, de Ordenación del Territorio de la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Ley 7/2002, de 17 de diciembre, de Ordenación Urbanística.
- Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.
- Decreto 239/2011, de 12 de julio, por el que se regula la calidad del medio ambiente atmosférico y se crea el Registro de Sistemas de Evaluación de la Calidad del Aire en Andalucía.
- Decreto 357/2010, de 3 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección de la Calidad del Cielo Nocturno frente a la contaminación lumínica y el establecimiento de medidas de ahorro y eficiencia energética.
- Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía, y se modifica el Decreto 357/2010, de 3 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección de la Calidad del Cielo Nocturno frente a la contaminación lumínica y el establecimiento de medidas de ahorro y eficiencia energética.
- Decreto 5/2012, de 17 de enero, por el que se regula la autorización ambiental integrada y se modifica el Decreto 356/2010, de 3 de agosto, por el que se regula la autorización ambiental unificada.
- Decreto 356/2010, de 3 de agosto, por el que se regula la autorización ambiental unificada, se establece el régimen de organización y funcionamiento del registro de autorizaciones de actuaciones sometidas a los instrumentos de prevención y control ambiental, de las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y de las instalaciones que emiten compuestos orgánicos volátiles, y se modifica el contenido del Anexo I de la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integral de la Calidad Ambiental.
- Decreto 18/2015, de 27 de enero, por el que se aprueba el reglamento que regula el régimen aplicable a los suelos contaminados.
- Decreto 73/2012, de 22 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía.

- Ley 2/1989, de 18 de julio, por la que se aprueba el inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía y se establecen medidas adicionales para su protección.
- Ley 8/2003, de 28 de octubre, de la flora y la fauna silvestres.
- Decreto 178/2006, de 10 de octubre, por el que se establecen normas de protección de la avifauna para las instalaciones eléctricas de alta tensión.
- Decreto 23/2012, de 14 de febrero, por el que se regula la conservación y el uso sostenible de la flora y la fauna silvestres y sus hábitats.
- Ley 14/2007, de 26 de noviembre, de Patrimonio Histórico de Andalucía.

3. Procesos de interacción entre el medio terrestre y el medio atmosférico

La atmósfera, compuesta por gases en diferentes proporciones, se encuentra en constante movimiento debido al desigual calentamiento de la superficie terrestre, por ello, es necesario el estudio y comprensión de los procesos de intercambio e interacción entre los sistemas tierra - biosfera - criosfera - atmósfera - hidrosfera. Todos estos procesos son complejos, y en consecuencia han de ser estudiados detenidamente, a fin de comprender el funcionamiento del sistema en su conjunto.

El estado dinámico de la atmósfera, definido por la relación entre las fuerzas que actúan sobre las parcelas de aire (que varían espacial y temporalmente), se rige por las leyes básicas de la conservación (conservación de masa, de energía y de cantidad de movimiento). Lo cual desencadena un conjunto de balances y procesos, con diferentes escalas de variación espacial y temporal, en cada una de las capas de la atmósfera. La figura 2 muestra un resumen de dichos balances y procesos, las variables implicadas, sus escalas de variación y como afectan al recurso eólico y a los parques eólicos en general. Las escalas de variación espacio-temporales se encuentran definidas con más detalle en el libro [62].

La estructura térmica de la atmósfera permite su división en varias capas:

- Troposfera. Se extiende desde la superficie terrestre hasta aproximadamente 10 km en altura, variando en función de la estación del año y de la latitud terrestre. Es la capa más importante desde el punto de vista meteorológico, donde ocurren la mayor parte de los fenómenos de interés en un proyecto de energía eólica. En esta capa la temperatura disminuye con la altura.
- Estratosfera. Capa dinámicamente muy estable, ubicada entre los 10 y los 50 km verticales y en la cual la temperatura aumenta a medida que se incrementa la altura.
- Mesosfera. Entre los 50 y 90 km verticales, en esta capa se encuentran los primeros iones por descomposición solar y una escasa absorción solar. La temperatura disminuye con la altura.
- Termosfera. En ella se produce la absorción de radiación solar más energética, con un aumento de la temperatura al incremento de altura; se encuentra emplazada entre los 90 y 500 km en la vertical.
- Exosfera. A partir de los 500 km, en ella se produce la desviación del viento solar por el campo magnético terrestre.

Conocida la escala térmica vertical de la atmósfera, se puede definir la escala espacio-temporal de variación de los procesos físicos y de las variables implicadas en cada uno de ellos. Dichas escalas de variación se muestran de forma resumida en la figura 2. Para comprender mejor los procesos atmosféricos para cada una de las escalas de interés, las figuras 3, 4 y 5, muestran de forma simplificada los procesos dinámicos en cada una de ellas y su interrelación.

A escala sinóptica (Figura 3), la influencia de la interacción con los rasgos de tipo locales de la superficie terrestre es casi despreciable, aunque si existe por parte de la orografía y de los intercambios entre la tierra y el océano. Se asume que la atmósfera se encuentra en equilibrio hidrostático, ignorando la turbulencia, por lo que se aplica un balance geostrófico de fuerzas. La aproximación geostrófica se asocia a vientos geostróficos y ageostróficos, que junto con el balance de gradiente de temperatura (gradiente de viento vertical geostrófico) da lugar a vientos.

La siguiente escala, inferior a la sinóptica, es la conocida como mesoescala, caracterizada por las inestabilidades y gradientes causados por procesos sinópticos y procesos turbulentos procedentes de la capa superficial de la atmósfera. La figura 4 resume los principales aspectos que definen esta escala. Destaca la transferencia no lineal de energía procedente de la macroescala (escala planetaria - escala sinóptica), que genera movimientos advectivos de temperatura y vorticidad, lo cual se traduce en un sistema de altas y bajas presiones. Además de los movimientos convectivos asociados a la microescala (Capa Límite Atmosférica - Turbulencia de pequeña escala).

Los movimientos convectivos pueden ser de naturaleza seca o húmeda, generando movimientos de las parcelas de aire y causando fenómenos de viento al interaccionar con las nubes.

Los procesos de mayor interés, en el caso de los parques eólicos, ocurren a escala superficial, en la conocida como Capa Límite Atmosférica (CLA). Esta capa se genera debido al contacto de la atmósfera con la superficie terrestre, originando una capa turbulenta que interfiere con los procesos generales atmosféricos y ejerce influencia sobre las componentes terrestres. En la figura 5 se han resumido las interacciones y procesos en la CLA.

La interacción de la atmósfera con la superficie produce un flujo turbulento y genera vórtices. La variación espacio-temporal de presiones se crea a menor escala y por tanto no se pueden considerar las leyes hidrostáticas. El balance de transferencia y mezcla con la superficie viene regido por el carácter turbulento, así, los gradientes definirán la estabilidad atmosférica (atmósfera estable, inestable y neutra) y los perfiles de velocidad de viento. Estos últimos son de gran interés para definir el potencial eólico a extraer por un aerogenerador.

Los parques eólicos afectan a pequeña y a gran escala al transporte de masa y humedad, de cantidad de movimiento y de energía que existe entre la atmósfera y la superficie terrestre [70].

Por último, se ha de tener en cuenta que la cobertura vegetal es una de las variables fundamentales que intervienen en el balance atmosférico general; ya que existen intercambios a nivel de evapotraspiración, transporte de calor, fotosíntesis, respiración y fricción mecánica, los cuales están estrechamente ligados con los perfiles de viento.

3.1. Escalas de variación y niveles de afección sobre las componentes del medio por la presencia de aerogeneradores

Definir una escala de variación espacial y temporal facilita la comprensión y manejo de las interacciones de los parques eólicos con el medio. Atendiendo a la dinámica atmosférica, a las variaciones que se producen en ella tras la colocación de los aerogeneradores y a la

aparición de la estela turbulenta tras cada uno de ellos.

3.1.1. Escala de variación espacial dinámica

Para evaluar la variación espacial de los impactos, será barrida una superficie alrededor del parque eólico trazando una envolvente de extensión variable. Además, es imprescindible el estudio a lo largo cada una de las estelas tras los aerogeneradores, donde son cuantificables el conjunto de alteraciones sobre los campos de viento. Dicha estela se divide en:

- Estela cercana, zona próxima a las hélices, donde se producen la mayor parte de los cambios.
- Estela media, zona intermedia en la cual las alteraciones siguen siendo elevadas.
- Estela lejana, se extiende hasta que los efectos de las hélices dejan de ser notables.

Cada zona de la estela será delimitada según el porcentaje de perturbación existente.

3.1.2. Escala de variación temporal

3.1.2.1. Duración

Dependiendo de su duración, el impacto se clasifica en:

- Corta duración: impactos transitorios.
- Larga duración: impactos con duración temporal inferior a la fase de proyecto.
- Duración indeterminada: impactos permanentes o de duración igual a la fase de proyecto.

3.1.2.2. Frecuencia

Dependiendo de la frecuencia de aparición de una afección, se puede clasificar en:

- Continua: alteración continuada en espacio y tiempo.
- Discontinua: se produce una alteración intermitente e irregular, puede darse la posibilidad de que se repita o no.
- Puntual: en este caso el impacto se produce una vez, en un área y momento concreto.
- Periódica: el impacto se repite en un periodo de tiempo determinado, a corto o largo plazo.

3.1.2.3. Reversibilidad

Según la capacidad de recuperación que presente la componente afectada:

- Irreversible: la componente se encuentra en tal grado de afección que no podrá volver a su estado inicial ni asimilará el cambio.
- Reversible: el medio puede asimilar los cambios o incluso se podrá retornar a un estado similar al inicial.
- Mitigable: el daño puede ser paliado con el tiempo o mediante medidas correctoras.
- Recuperable: la alteración puede ser eliminada por completo.
- Fugaz: el retorno al estado inicial es inminente sin necesidad de realizar actuaciones sobre el componente afectado.

3.1.3. Nivel de afección

El grado de impacto se puede valorar según su extensión e intensidad de afección:

3.1.3.1. Extensión de la afección

Según el alcance espacial de una afección los impactos se agrupan en:

- Local: aquel impacto que solamente afecta a las áreas colindantes del punto alterado, en este caso, a los alrededores del parque eólico.
- Regional: afección a mayor escala, con una extensión media entre la local y la global. El alcance espacial de extensión regional y local puede ser muy variable y será acotado siguiendo varios criterios.
- Global: mayor nivel de afección en términos de extensión. En caso de perturbación sobre individuos de una especie animal o vegetal, se vería afectada la especie al completo.

3.1.3.2. Intensidad de la afección

Dependiendo de la intensidad de afección que presente un componente, se clasificarán en:

- Bajo riesgo: aquellos casos en los cuales la probabilidad de afección, y que los daños perduren en el tiempo, sea baja.
- Riesgo medio: existe una probabilidad de alteración del medio o de alguno de sus componentes. Con un nivel de daño considerable o a lo largo de un corto-medio periodo de tiempo.
- Riesgo alto: la probabilidad de afección es muy elevada. Se producirán daños severos o durante largos periodos de tiempo.

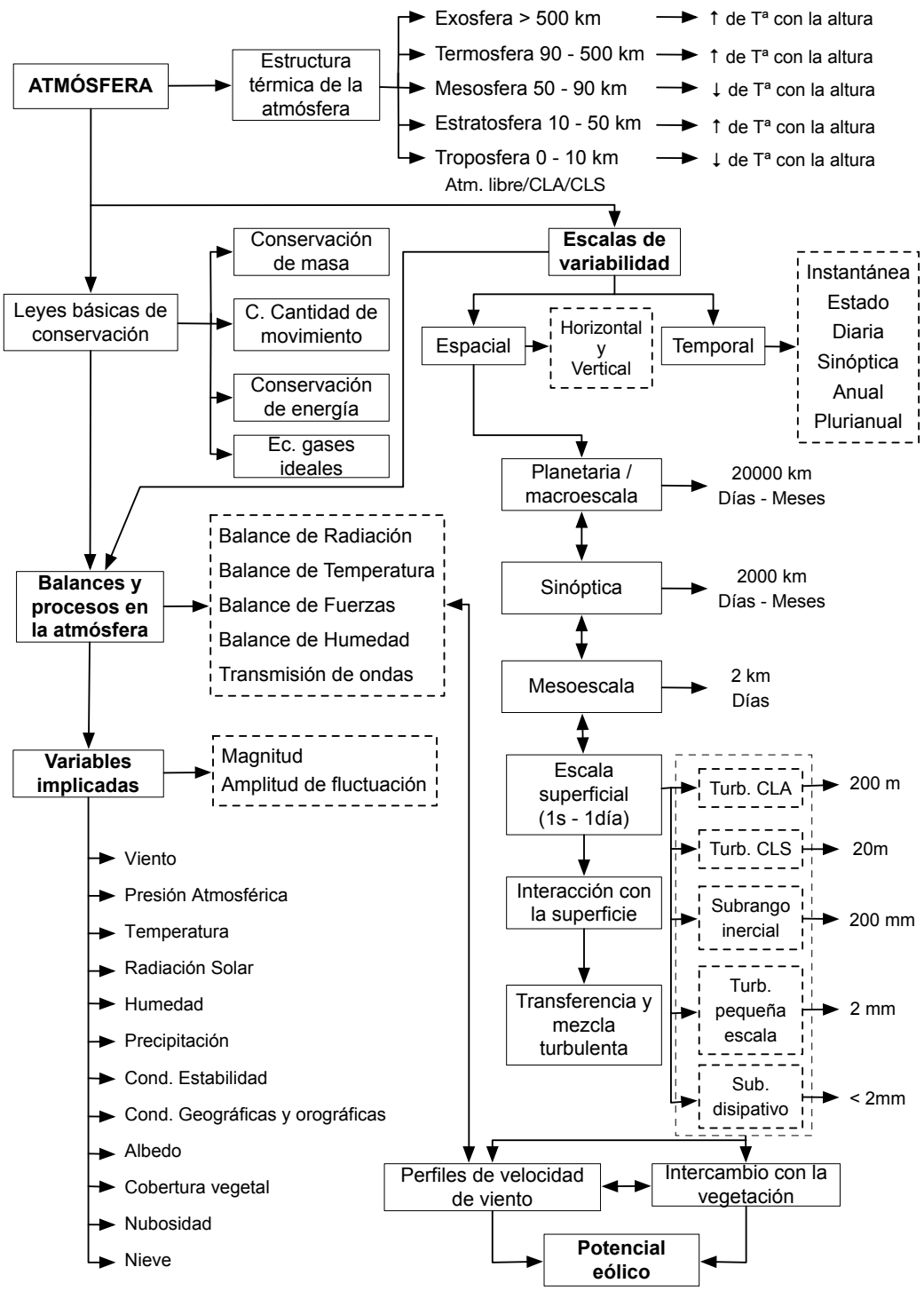


Figura 2: Organigrama general de Dinámica Atmosférica.

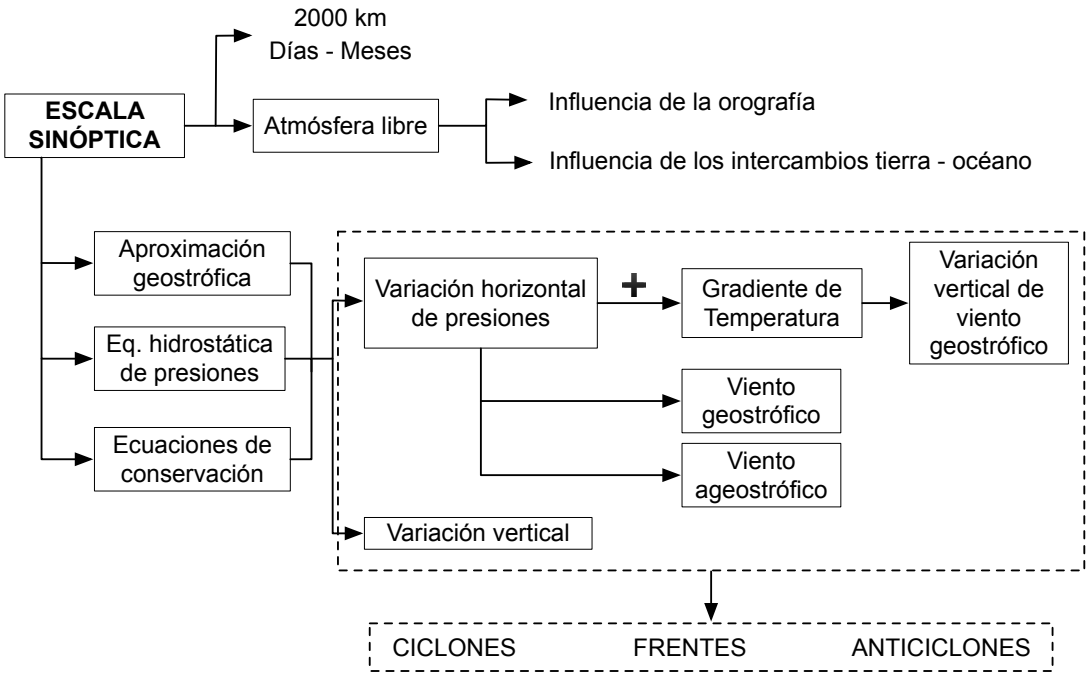


Figura 3: Organigrama de procesos a escala sinóptica.

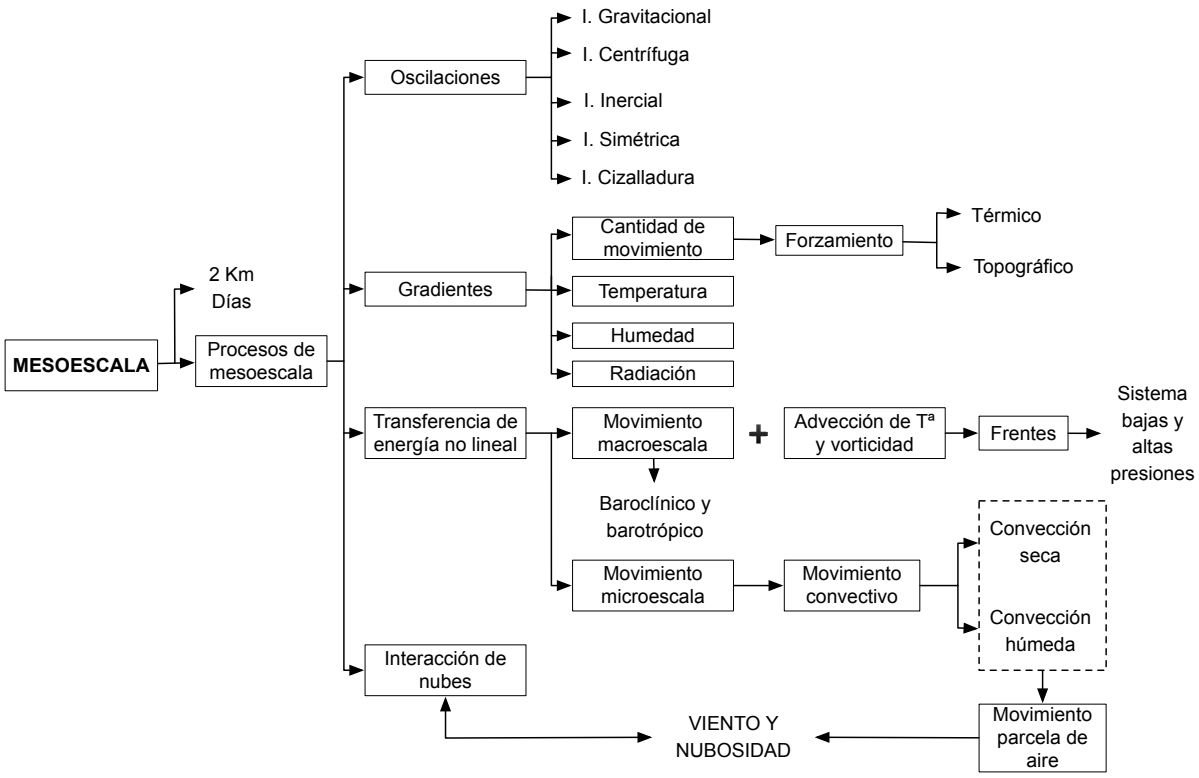


Figura 4: Organigrama de procesos de mesoescala.

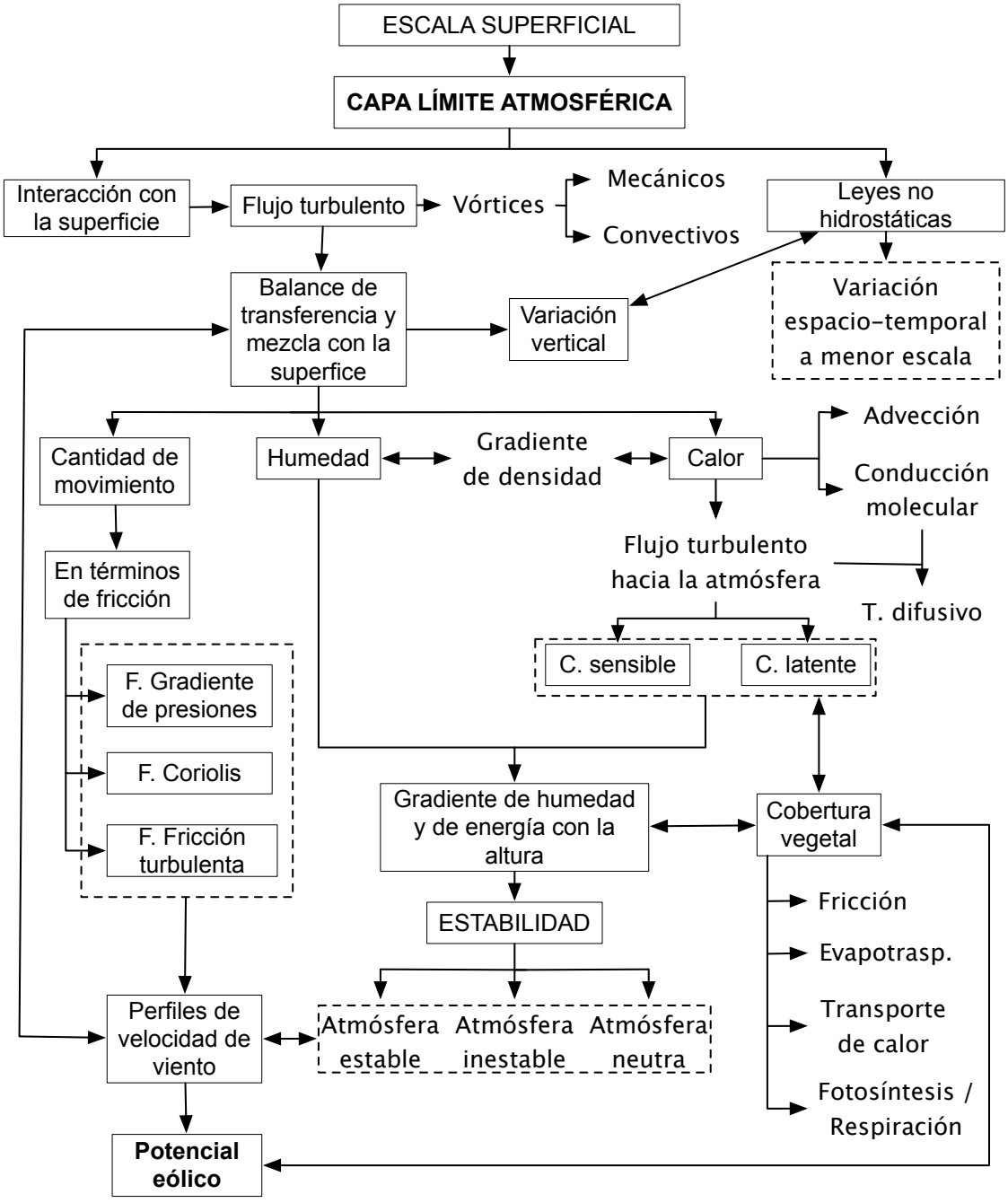


Figura 5: Organigrama de procesos en la Capa Límite Atmosférica.

4. Fase de diseño y memoria

4.1. Introducción

La fase de diseño engloba el estudio previo integral del área de interés. En él se recogen las características geofísicas y bioclimáticas, el potencial eólico, las componentes ambientales, las sinergias y alteraciones, entre otros. Este estudio es necesario para seleccionar el emplazamiento idóneo, que cumpla con los criterios y requisitos de proyecto y genere los mínimos efectos ambientales.

Sobre este último aspecto se centran estas recomendaciones. Se describirán cuales son las alteraciones sobre cada componente, que criterios seguir para minimizarlas, cómo valorar diferentes alternativas de proyecto y finalmente, seleccionar el emplazamiento y sistema más idóneo. En caso de que las componentes se vean afectadas en todas las alternativas, serán efectuadas las correcciones pertinentes.

La figura 6 muestra el esquema de trabajo para la fase de diseño y memoria.

4.2. Caracterización del medio físico y del sistema

4.2.1. Clasificación de parques eólicos en función de sus características y condiciones

Cada parque eólico queda caracterizado por los elementos que lo componen, su ubicación, las características del entorno y los procesos y cambios que se producen al interaccionar con el medio que lo rodea. Existen cuatro grandes grupos diferenciados en función de su ubicación espacial y la clasificación del paisaje andaluz realizada por [30]. Uniendo ambos conceptos, los parques eólicos andaluces se clasifican según muestra la figura 7 y se definen como:

- Parque eólico en mar abierto. Ubicado mar a dentro, a más de 10 km de distancia de la línea de costa. Al encontrarse lejos del área terrestre y los obstáculos propios de la zona, se optimiza el recurso eólico.
- Parque eólico en borde litoral. Este tipo de parque engloba todos aquellos que se encuentren entre los 10 km mar a dentro y los 3 km hacia tierra. El potencial eólico en estas zonas suele ser mayor. En Andalucía existe un alto porcentaje de aerogeneradores instalados en estas áreas [30].
- Parque eólico en altiplanos y subdesiertos. Áreas con clima sub-desértico, en su mayoría despobladas de vegetación, por lo que se reduce la influencia de esta sobre los campos de viento.
- Parque eólico en sierra. Regiones montañosas con abundantes espacios arbolados y Áreas Protegidas. Debido a las características intrínsecas de estas zonas, se producirá un mayor impacto sobre las componentes ambientales.
- Parque eólico en campiñas. Llanuras caracterizadas por su heterogeneidad paisajística y ambiental.

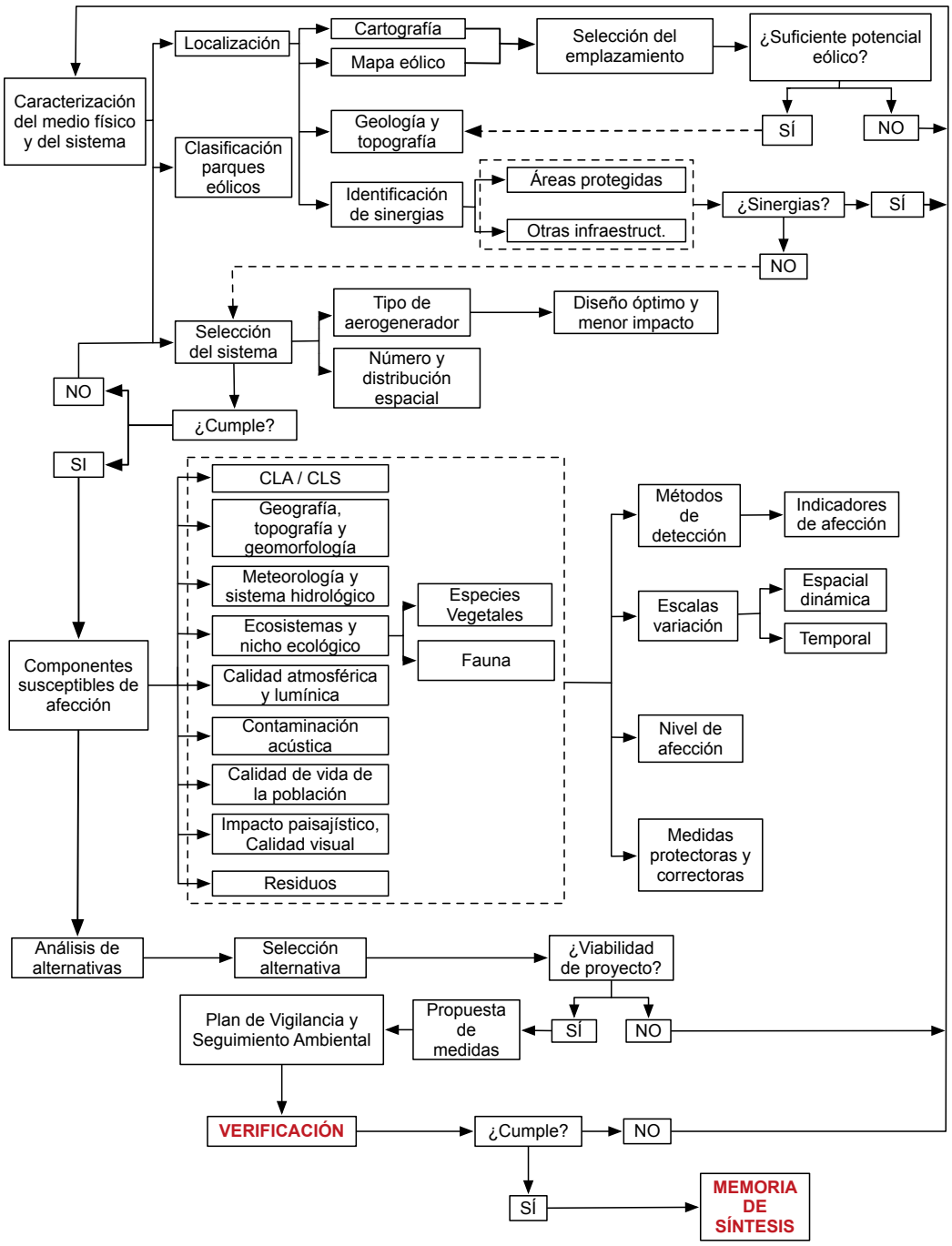


Figura 6: Organigrama a seguir en la fase de diseño y memoria.

- Parque eólico en valles, vegas y marismas. Suelen ser zonas menos elevadas, con presencia de vegetación herbácea y matorral, y esporádica aparición de arbolado de

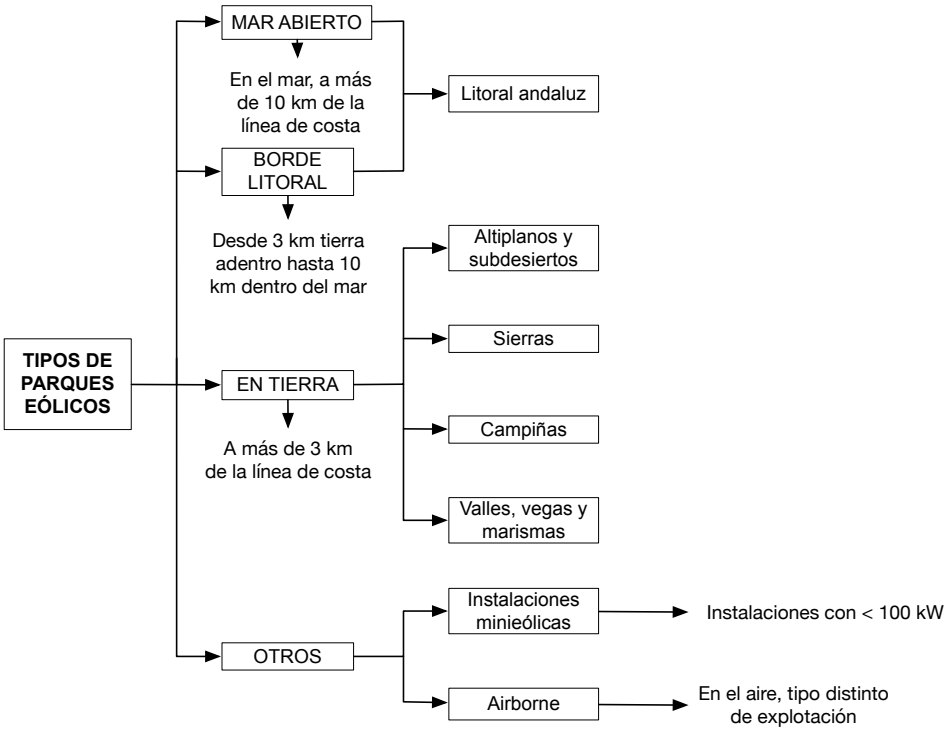


Figura 7: Organigrama de los tipos de parques eólicos existentes en Andalucía.

gran tamaño.

- Instalaciones minieólicas. Instalaciones aisladas para explotaciones de menos de 100 kW de potencia.
- Airborne. Sistema de explotación eólica que consta de un dispositivo no conectado a tierra y que se mantiene suspendido en el aire.

4.2.2. Localización geográfica del emplazamiento

El primer paso dentro de un proyecto de energía eólica es la selección de la localización. Para ello se han de estudiar diferentes factores: el potencial eólico, las componentes ambientales susceptibles de afección, las zonas de exclusión y las líneas de evacuación de la red eléctrica. Dentro de este apartado juega un papel fundamental la planificación territorial pública a través de la ordenación del territorio y el planeamiento urbanístico, y serán tenidos en cuenta a la hora de elegir emplazamiento.

4.2.2.1. Cartografía global y local

La cartografía no sólo es una herramienta fundamental para conocer el estado inicial del terreno y sus aspectos positivos y negativos, sino también para seleccionar el lugar

propicio de instalación del parque. La cartografía podrá obtenerse y construirse a nivel global, regional y local, dependiendo de la información a plasmar en cada caso.

A mayor resolución en la cartografía se obtendrán mejores resultados en la minimización de los impactos, ya que la mayor parte de las afecciones son producidas a nivel individual por algunos aerogeneradores, además del impacto de las infraestructuras en conjunto. Se recomienda el desarrollo de mapas cartográficos ambientales que esencialmente recojan información sobre:

- Geología y topografía
- Hidrología e hidrogeología
- Tipo y usos del suelo
- Potencial eólico y campos de vientos
- Meteorología y patrones de precipitación
- Vegetación y distribución de especies
- Fauna y hábitats
- Áreas sensibles y Áreas Protegidas
- Patrimonio histórico y cultural
- Otras infraestructuras y explotaciones de interés

4.2.2.2. Mapa eólico y campos de viento locales

El uso de mapas eólicos facilita la selección de zonas con mayor potencial eólico, y por tanto, candidatas a albergar una explotación de energía eólica. Dentro de los mapas se debe recoger, al menos, la velocidad de viento y las direcciones principales, así como los cambios temporales de ambas variables.

En España se encuentra disponible el Atlas Eólico Español, publicado por el instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), que resulta de gran utilidad para el correcto emplazamiento y orientación de las turbinas. A nivel regional, la Agencia Andaluza de la energía dispone de un sistema web que recoge datos de viento para toda la Comunidad Andaluza. Otras fuentes de información recomendadas están recopiladas en el Anexo D.

Para el estudio de los campos de viento locales y la evaluación del potencial eólico, se recomienda como alternativa el uso de metodologías de transformación atmosférica (downscaling), con el objetivo de conocer los datos de viento en el emplazamiento con mejor resolución y fiabilidad. En el anexo C.2 se detalla en que consiste el procedimiento de transformación y como puede ser aplicado al caso de parques eólicos, destacando su importancia a la hora de seleccionar el sitio óptimo para cada aerogenerador en función de las características de la Capa Límite Atmosférica y la topografía.

4.2.2.3. Geología y topografía de la zona

Se evaluará la geología y la topografía del área, identificando los lugares de interés geológico, los usos del suelo, las pendientes y cumbres, sus características edafológicas y el inventario de caminos y vías de acceso disponibles. Serán valorados positivamente aquellos emplazamientos con fácil acceso en los cuales la intrusión sobre terreno sea mínima. Para ello se recomienda el uso de las fuentes de información propuestas D.

La importancia de este estudio radica en la correcta selección de la posición espacial de cada aerogenerador, ya que se requieren zonas de fácil acceso, con alto potencial eólico y con terreno firme. Dependiendo de la rugosidad y la topografía, existirá una mayor o menor velocidad de viento e intensidad de turbulencia.

Otro aspecto clave es la granulometría superficial, en aquellos casos en los que el tamaño granulométrico de los materiales se encuentre dentro del rango de limos y arcillas, será previsible mayor erosión e incremento de la cantidad de partículas en suspensión.

Una vez escogida el área de implantación del parque, se jalonará y balizará el terreno para identificar los puntos de interés geológico y de mayor fragilidad a distintos niveles, y así facilitar el seguimiento a largo plazo de cada una de las áreas intervenidas. El jalonado se realizará con dispositivos suficientemente visibles y que generen el menor impacto posible sobre el medio y el balizado, con estaquillado y cinta de plástico, usando malla metálica en los casos que se requiera mayor protección. Tanto el jalonado como el balizado podrán ser fijos o móviles dependiendo de las necesidades y de la función que desempeñen.

4.2.2.4. Áreas protegidas y lugares de interés arqueológico o histórico.

Es obligatorio identificar áreas que estén en posesión de una figura de protección o susceptibles de serlo, para garantizar que la actividad del parque no supondrá un efecto negativo sobre ninguna de ellas. Dentro de estas áreas tienen especial interés las incluidas en las siguientes categorías:

- Categorías de protección internacionales.
- Clasificación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).
- Categorías de protección Nacionales Españolas: Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y la Biodiversidad.
- Categorías de protección andaluzas: Ley 2/1989, por la que se aprueba el inventario de Espacios Naturales Protegidos.

En caso de ubicar el parque en una zona cercana, está indicado considerarla dentro de la categoría de área sensible, y convendrá consultar fuentes de información D y a la Consejería de Medio Ambiente, la factibilidad de construir en estas zonas. Actualmente en Andalucía se datan más de 350 aerogeneradores dentro de áreas protegidas, algunos de los cuales están en zonas reguladas bajo el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales que permite la instalación de aerogeneradores para autoconsumo [30].

4.2.2.5. Identificación de sinergias

Prever la existencia de otros parques eólicos existentes o futuros, y en caso de existir, respetar un radio de separación entre ambos parques de entre 5 y 10 km para evitar el impacto sinérgico o acumulativo. El estudio de sinergias se trata más ampliamente en el apartado 4.5.1.

4.2.3. Selección y descripción del sistema

Dependiendo del tipo de aerogenerador y de la distribución espacial de cada uno de ellos, variará tanto la producción de energía, como las afecciones sobre las componentes del medio. La variabilidad de las características físicas dentro del parque limitará el posicionamiento y el tipo de sistema a instalar.

4.2.3.1. Aerogenerador

El modelo de aerogenerador vendrá determinado por la potencia objetivo y las características del emplazamiento. Se estudiarán los distintos modelos disponibles en el mercado, que produzca la máxima potencia, y así reducir el número de aerogeneradores.

Para paliar el impacto visual se recomiendan aerogeneradores de tres palas, que además aportan una mayor estabilidad a la estructura. La correcta integración de las turbinas en el paisaje minimizará el impacto visual. Se propone el uso de colores blancos, grises y mates que reduzcan brillos y reflejos; en general colores luminosos que sean visibles desde el cielo y por parte de las aves.

4.2.3.2. Número de aerogeneradores y distribución espacial

Una vez elegida la ubicación del parque, se planificará el posicionamiento de las infraestructuras atendiendo al estudio de micrositio previo y buscando la óptima producción de energía. Principales criterios a seguir:

- Agrupación de las turbinas en la línea perpendicular a la dirección principal del viento.
- Disposición regular de los aerogeneradores: en línea, a tresbolillo o en malla. Este tipo de colocación disminuirá el impacto visual y el efecto barrera causante de la mortalidad de aves.
- Se evitará la instalación dispar al instalar aerogeneradores en terrenos abruptos, sin romper la alineación principal.
- Se recomienda guardar una distancia de entre 3 y 5 veces el diámetro del circulo dibujado por las palas (D) entre los aerogeneradores alineados en la dirección perpendicular al viento. Y una distancia de entre 5D y 10D entre los aerogeneradores alineados en la dirección principal del viento. Estas distancias son dinámicas y variarán dependiendo de las características y el alcance de la estela turbulenta (Ver 4.3.1).
- Mantener una distancia a los núcleos urbanos que evite alteraciones sobre la población.

- El emplazamiento cercano a las vías de circulación puede enmascarar el ruido producido por los aerogeneradores, siempre y cuando se respeten las distancias mínimas a dichas vías y no interfieran en la correcta circulación. Las distancias mínimas recomendadas son:

  - 100 metros a carreteras municipales.
  - 100 metros a carreteras regionales.
  - 500 metros a carreteras generales y ferrocarriles.

El emplazamiento de cada una de las estructuras es fundamental, ya que las estelas generadas tras el aerogenerador interaccionarán de forma distinta (4.3.1). Además, influye sobre el resto de componentes ambientales interrelacionados con la variación de la dinámica atmosférica, como es el caso del flujo de temperatura superficial. En la sección 4.3.3 se detallan las modificaciones de esta variable respecto a la distribución espacial de infraestructuras.

4.3. Componentes del medio susceptibles de afección

En este apartado se detallan las componentes ambientales susceptibles de alteración. En cada una de ellas se recoge la metodología de detección, la escala de variación dinámica temporal y espacial, el nivel de afección y las medidas protectoras, correctoras y compensatorias propuestas. Todas estas medidas han de ser incluidas en el presupuesto del proyecto con el mismo nivel de detalle que el resto. Se incorporarán dentro del estudio de impacto ambiental, tal como especifica la Ley 21/2013, de Evaluación Ambiental 2.

Los indicadores de afección propuestos en cada una de las metodologías servirán para definir y adoptar las medidas protectoras, correctoras y compensatorias con mayor objetividad y precisión. Se debe especificar si la afección es directa, indirecta, temporal, permanente, inducida, acumulativa, etc.

4.3.1. Capa Límite Atmosférica (CLA) y Capa Límite Superficial (CLS)

Las modificaciones producidas por los aerogeneradores en la CLA y la CLS van a influenciar no sólo la velocidad y la turbulencia del campo de vientos, sino la intensidad de afección sobre componentes que presentan dependencia directa o indirecta con la dinámica de la atmósfera. En los apartados donde se habla de cada una de las componentes, se precisa la relación entre los indicadores seleccionados y las variaciones respecto al flujo de viento.

Antes de la instalación del parque es fundamental conocer el potencial eólico del área de estudio y las modificaciones que van a producir las turbinas en el flujo de viento, así como valorar diferentes alternativas que maximicen rentabilidad y minimicen impactos. Dependiendo del tamaño de la torre y de las palas se producirá una mayor extensión espacial de la estela. Aumentando el tamaño se podrá instalar un menor número de aerogeneradores, lo que permitirá modificar la configuración espacial y la interacción entre las distintas estelas

[13], sin embargo, se incrementarán los impactos sobre otras componentes, como es el caso de la avifauna 4.3.4.2.

En base a las características del flujo inicial de viento variará el alcance y las propiedades de la estela. Los factores más influyentes sobre este flujo inicial son:

- La rugosidad del terreno.
- La topografía, pendientes y obstáculos.
- La meteorología y la temperatura.
- La interacción con las estelas de otros aerogeneradores.

Métodos de detección. Indicadores de la afección Los indicadores que se han estudiado para cuantificar la afección han sido la velocidad de viento y la intensidad de turbulencia a lo largo de la estela, al ser los parámetros que mejor caracterizan el campo de vientos y que permiten la evaluación de los cambios espaciales y temporales producidos al interaccionar el flujo de viento con los aerogeneradores [14].

A través de ensayos en túnel de viento se ha comprobado que tras el aerogenerador se produce una disminución de la velocidad media del viento y un aumento de la intensidad de turbulencia. Estos cambios pueden ser medidos mediante el uso de anemómetros y estaciones meteorológicas en campo, siendo en ocasiones complicado debido a la necesidad de medir a elevadas alturas. Para solventar esta problemática se recomienda la utilización de nuevas tecnologías de medición remota, como es el caso de sensores de detección tipo LiDAR (Light Detection And Ranging) [2] [5] o a través de Tethered Lifting System (TLS) [44] y el estudio experimental en túnel de viento de capa límite.

Escala de variación espacial dinámica El movimiento de las palas produce el incremento de turbulencia y disminución de la velocidad de viento, cuyo efecto se va disipando en la dirección del flujo, tanto en la dirección horizontal como en la vertical, estabilizándose progresivamente hasta llegar al estado inicial del flujo de entrada [35].

Cuando interaccionan y se solapan las estelas de varias turbinas se producen cambios en ambos parámetros. Será necesario estudiar estas interacciones en base a:

- La distribución espacial de las infraestructuras.
- El tamaño de los aerogeneradores.
- La velocidad de viento de entrada.
- La topografía y la rugosidad del terreno.

Escala de variación temporal La velocidad del viento variará temporalmente en función de varios factores, entre ellos la climatología, que definirán la velocidad inicial del flujo. El viento más fuerte se suele producir durante las horas diurnas debido a los cambios de temperatura, apareciendo un incremento de viento de cizalladura en las horas nocturnas. A nivel estacional las velocidades de viento en zonas templadas son menores, produciéndose un aumento en periodos invernales.

Existe variación temporal dependiendo del nivel de explotación requerido, es decir, de la demanda energética. En aquellos periodos en que la demanda energética sea mayor, las afecciones también se verán incrementadas, incidiendo en la mayoría de las demás componentes.

Nivel de afección El nivel de afección será elevado cuando las modificaciones en el flujo incidan con mayor grado sobre los demás componentes. Especialmente si los periodos de mayor demanda energética y mayor rango temporal de funcionamiento coinciden con los periodos de mayor sensibilidad ambiental.

También se debe valorar si los cambios en el flujo afectan a los aerogeneradores cercanos y si interfiere sobre el potencial eólico.

Propuesta de medidas En este apartado se recogen medidas correctoras y protectoras para minimizar el impacto.

- Adecuado emplazamiento de los aerogeneradores, estudiar distintas configuraciones de ubicación para minimizar los cambios en la estela y aprovechar al máximo el potencial eólico 4.2.2.
- Estudio integral de las componentes afectadas por los cambios en el flujo de viento.
- Parada operativa de las infraestructuras en periodos de mayor afección sobre otras componentes, valorando otras alternativas en los periodos de mayor demanda.
- Eliminación de infraestructuras en los casos de afección más extremos.

4.3.2. Geología, topografía y geomorfología

Los cambios directos sobre la topografía y la geología son apreciables visualmente comparando con el estado inicial de la zona, pero además existen alteraciones indirectas que afectan a la dinámica de gran parte de las componentes, en términos hidrológicos, de hábitat y de eliminación de especies. Será necesario el estudio geotécnico, topográfico y edafológico integral para detectar estas posibles perturbaciones antes y después de la implantación del parque.

Métodos de detección. Indicadores de la afección Parte considerable de los impactos se producen durante la fase de construcción y desmantelamiento, por ello se han seleccionado como indicadores de afección el índice de compactación del suelo y la tasa de

erosión. El índice de compactación se calculará en función del tipo de máquina y el número de pasadas ejecutadas. Este índice representa una buena forma de evaluar los cambios en la estructura del suelo, así como las alteraciones ecológicas que pueden derivarse de la compactación. El trabajo realizado por [56] propone y detalla una metodología a seguir y ofrece una serie de valores orientativos clasificados por tipos de maquinaria.

La compactación, la fragmentación y la eliminación de la cobertura vegetal generan un aumento de la erosión durante la fase de construcción, el colapso de cauces y perturbaciones en el sistema hidrológico. Se tendrá en cuenta la pendiente del terreno sobre el que se realicen las actuaciones y la longitud de los taludes, evitando la intrusión en aquellos con grandes pendientes y mayor riesgo de erosión.

Otro indicador es la variación de las características edafológicas del suelo, así como la polución de capas freáticas y aguas superficiales. Se puede producir por contaminación o por la propia compactación, siendo los principales causantes: la evacuación inadecuada de aguas fecales, la evacuación de aguas de limpieza, los escapes e infiltraciones de aceite procedente de las máquinas, entre otros. La detección y cuantificación de la presencia de contaminantes en el suelo se llevará a cabo a través del estudio de muestras en laboratorio.

Escala de variación espacial dinámica Espacialmente se verán más afectadas aquellas zonas en las cuales intervenga la maquinaria y se realicen las obras, sin embargo, durante la fase de explotación, existe una relación entre la erosión y las propiedades edafológicas con la estela turbulenta tras el aerogenerador.

La erosión por viento de cizalladura se produce al aumentar la turbulencia en superficie, efecto que se aprecia a lo largo de la estela. Dependiendo del tamaño de las partículas el efecto será mayor o menor y se irá disipando a medida que disminuye la turbulencia en la estela. Variarán las características edafológicas por pérdida de suelo, se incrementará la cantidad de partículas en suspensión y la erosión hídrica se verá favorecida al haber sido retirada por el viento la capa más superficial del terreno [65].

Escala de variación temporal Las alteraciones serán mayores en las estaciones secas, donde el peligro de compactación, erosión y fragmentación son incrementados debido al descenso de la humedad en el suelo. Deberán evitarse los trabajos durante épocas lluviosas, especialmente cuando sea necesario el uso de productos de estabilización química, con el objetivo de disminuir el riesgo de infiltración hacia capas freáticas y otros flujos de agua.

Nivel del afección Dependiendo del nivel de compactación, la pérdida de suelo por erosión, la cantidad de sedimentos presentes en el aire y la contaminación, se definirá un nivel mayor o menor de afección, el cual variará temporalmente y será elevado durante los periodos de construcción y desmantelamiento.

Propuesta de medidas En este apartado se recogen medidas correctoras y protectoras para minimizar el impacto sobre el terreno.

- Balizado y jalonado de las zonas sensibles.

- Aprovechamiento de los caminos existentes y valoración de los usos múltiples que puedan tener los viales de nueva construcción, ya sea para acceso a otras explotaciones o para uso turístico, tipo senderismo.
- Los viales han de adaptarse a las formas topográficas del terreno, reduciendo al mínimo las excavaciones, la destrucción de cauces naturales, etc.
- Reducción del ancho de los viales, incorporación de cunetas a ambos lados y drenajes transversales para evitar la agravación de los procesos de escorrentía y erosión.
- Reducción de la pendiente en zonas con alto nivel de erosión o susceptibles de ser degradadas. Los métodos más habituales se centran en la construcción de terrazas, fajinas, albarradas, barreras naturales, entre otros. Este tipo de actuaciones no solo evitan la erosión, sino que ayudan a conservar el sistema hidrológico y los cauces naturales.
- Protección de las áreas de interés geológico, de mayor fragilidad o con alta probabilidad de erosión. Minimización de los movimientos de tierra y limitación de estos en las zonas jalonadas.
- Generación de microrelieve para reducir la erosión.
- Conocimiento previo de los patrones de precipitación para evitar que la eliminación de cobertura vegetal y los trabajos de construcción durante los periodos de mayor probabilidad de precipitación.
- Protección de las áreas susceptibles de erosión mediante geomallas protectoras biológicas o rollos de fibras naturales [23].
- Apilar la tierra vegetal retirada en montículos, para reducir la pérdida de humedad y de propiedades. Posteriormente este material será usado en operaciones de restauración. Para una mejor conservación de las propiedades, los montículos serán sembrados con especies vegetales autóctonas de pequeño tamaño o protegidos con geomallas protectoras.
- Dependiendo de las características del suelo, el nivel de afección y la escala temporal, se propondrá la estabilización química del terreno para evitar erosión, siempre y cuando la adhesión de estos productos no entrañe riesgo de contaminación.
- Revegetación y restauración de las zonas afectadas e intervenidas por la maquinaria, ya sea de forma provisional, durante el periodo de explotación del parque o de forma permanente. Dependiendo del periodo de tiempo que se quiera conservar la vegetación en cada una de las zonas se elegirá un método u otro y el tipo de especie más adecuada.

4.3.3. Meteorología y sistema hidrológico

Los aerogeneradores crean turbulencia y mezcla en la capa límite, modificando los gradientes de fuerzas, de humedad y de temperatura. Esto es importante durante la noche, cuando la atmósfera es estáticamente estable y con mayores gradientes de humedad y temperatura. Por el día, con atmósfera normalmente más mezclada, atmósfera inestable, este efecto es menos notable [54].

La alteración de las características locales del viento afecta tanto a la evapotranspiración como a los patrones de conducción, advección y convección, y en consecuencia, a la temperatura y humedad locales. Estos parámetros son determinantes dentro del ciclo del agua debido a la modificación de las precipitaciones locales. Es esperable, que la variación de la pluviosidad provocada por los campos de aerogeneradores afecte de igual manera a la hidrología e hidrogeología local.

Diferentes autores muestran sus resultados sobre la influencia de los parques eólicos en el clima local. Sobre la precipitación [28], sobre la distribución vertical de temperatura y humedad y sobre los flujos de calor sensible y latente superficial [54, 55]. Otros estudios han analizado el posible efecto de las turbinas sobre el clima a escala regional y global [40, 6, 67].

A partir de imágenes MODIS [71], se ha comprobado que existe un pequeño efecto de calentamiento producido por la presencia de aerogeneradores. Es notable observando las variaciones de temperatura en las proximidades de los aerogeneradores, atendiendo a los cambios en los periodos de mayor explotación y las variaciones estacionales y diarias asociadas a dinámica de la capa límite atmosférica [71].

Todo esto junto con la alteración de la evapotranspiración, provocará a su vez afecciones sobre la flora local, como se detalla en el apartado 4.3.4.1.

Métodos de detección. Indicadores para evaluar la afección Se ha de analizar la serie histórica del clima local para conocer las condiciones medias atmosféricas y elaborar patrones climáticos anteriores y posteriores a la instalación de los aerogeneradores. De esta forma se podrán valorar las posibles alteraciones a raíz de la inclusión de los campos de aerogeneradores, especialmente sobre la precipitación y temperatura locales.

Es recomendable el análisis histórico de las variables indirectamente relacionadas con la pluviometría mediante imágenes de satélite (estrés hídrico, principalmente).

Un buen indicador es la evapotranspiración potencial (ETp), que se puede estimar de forma mensual mediante ecuaciones sencillas a partir de datos de temperatura y precipitación. Este indicador tendrá relación directa con la evaporación por parte de las plantas (Sección 4.3.4.1).

Escala de variación espacial dinámica La estela de los aerogeneradores modifica el perfil de velocidad media de viento y de intensidad de turbulencia, tal como se mencionó en el apartado 4.3.1. Esto se traduce en una afección sobre los flujos de calor, de humedad y de momento, así como sus patrones verticales de temperatura y humedad. En definitiva, se produce un calentamiento y secado del aire en superficie, pudiendo alterar la presión de vapor y el punto de rocío para dar lugar a precipitaciones locales.

Dependiendo de la disposición espacial de los aerogeneradores, se producirá una variación distinta en el flujo de calor en superficie si los aerogeneradores se encuentran emplazados de forma alineada (mayor variación) o escalonada [70]. En caso de la distribución escalonada, se produce un aumento del flujo de calor en la estela cercana y una disminución del mismo en altura, en comparación con el perfil vertical de entrada. En el caso de la distribución alineada, disminuye del flujo de calor tras el aerogenerador y aumenta delante de él [70].

Escala de variación temporal Se tendrán en cuenta las variaciones del clima a distintas escalas temporales, como muestra el organigrama general de dinámica atmosférica 2.

En un clima típicamente mediterráneo, como el existente en la región andaluza, las mayores precipitaciones ocurren entre otoño y primavera, siendo prácticamente nulas en verano. Durante las estaciones lluviosas habrá que evaluar las posibles diferencias climáticas que los aerogeneradores puedan producir en la pluviometría.

En cuanto a variaciones a escala diaria, el efecto de calentamiento y secado del aire superficial y la reducción del flujo de calor sensible superficial son más intensos en las primeras horas de la mañana, cuando la capa límite es estable y estratificada, con mayor gradiente vertical de momento, humedad y temperatura [54]. La temperatura del aire cerca del suelo a sotavento es más alta que a barlovento durante la noche y horas tempranas, y al contrario el resto del día.

Nivel de afección El nivel de afección se determinará a partir de los parámetros comentados, atendiendo fundamentalmente la variación de la ETp en las inmediaciones del campo de aerogeneradores, asumiendo esta variable como indicador principal del clima local.

Propuesta de medidas

- Reducción de la turbulencia generada tras los aerogeneradores para paliar el efecto de mezcla vertical de temperatura, humedad y calor sensible mediante diseño de nuevas turbinas.
- Disminución de los cambios en el flujo de calor atendiendo a la disposición espacial de infraestructuras [70].

4.3.4. Ecosistemas y nicho ecológico. Inventario de especies

En primer lugar se elaborará un estudio poblacional e inventariar las especies presentes en el área de estudio. En caso de que las especies afectadas se encuentren bajo una figura de protección específica, estén catalogadas dentro de una, o se localicen en algún área protegida, será necesario un estudio específico y acorde con los requisitos estipulados por ley 2.

4.3.4.1. Especies vegetales

La vegetación es uno de los elementos del medio más importantes, supone el sustento básico de la fauna del entorno, modula el paisaje del mismo y condiciona el tipo de suelo existente. Para conocer el tipo de cobertura del suelo en cada punto del área de interés se debe determinar:

- La serie o series de vegetación potencial en la zona de estudio.
- Características de las poblaciones en cuanto a cobertura y altura media de la vegetación principal.
- Existencia de especies protegidas o catalogadas.

Como base para identificar las diferentes coberturas vegetales, se recomienda consultar el Mapa de Usos y Coberturas Vegetales del Suelo de Andalucía (Anexo D.1) y posteriormente ejecutar el levantamiento de información en campo.

Las principales acciones implicadas en el impacto sobre la vegetación son el deterioro y la eliminación durante las fases de construcción y desmantelamiento (caminos de acceso, excavaciones, desmontes, rellenos, vertederos, pisoteo, entrada de vehículos, soterramiento del tendido eléctrico, etc.) con el consiguiente riesgo de erosión (4.3.2), y los impactos directos o indirectos sobre la fauna y el paisaje.

Indirectamente, la vegetación se ve afectada por los posibles cambios en las condiciones ambientales tras la puesta en funcionamiento de los aerogeneradores. La modificación en el campo de vientos altera las variables atmosféricas (4.3.3) de humedad relativa, flujo de calor, temperatura y evapotranspiración.

Métodos de detección. Indicadores para evaluar la afección Como indicador de la afección producida sobre las especies vegetales, se evalúa la variación espacial y temporal de la vegetación mediante la fracción de cobertura vegetal, fv. Definida como la proporción de la superficie de suelo que es intersectada por la proyección vertical de la copa o área foliar y expresada como fracción o porcentaje del área de referencia.

Su estimación se puede realizar mediante técnicas de teledetección y cálculo del índice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Este índice se utiliza para analizar el vigor y la abundancia de vegetación y su diferenciación de cubiertas no vegetales. La relación entre NDVI y fv se describe mediante una relación lineal [68].

Analizando el nivel de variación de fv antes y después de una acción, se podrá indicar su nivel de impacto sobre la cubierta vegetal. Para comprobar que la afección sobre la vegetación es debida al parque eólico y no a otros agentes externos, se recomienda seleccionar una zona de control de características similares en términos de relieve y vegetación, situada en una región próxima.

Dos procesos vitales para el desarrollo de la vegetación están relacionados con el viento. Por un lado, directamente relacionada, la dispersión anemócora de semillas, siendo el principal mecanismo por el cual las plantas se expanden espacialmente. Las variaciones en la velocidad de viento son importantes sobre los ecosistemas autóctonos, dónde un alto

porcentaje de especies son dispersadas por viento, como es el ejemplo de la especie *Stipa tenacissima* L.

Por otro lado, el ratio de evaporación es uno de los parámetros más importantes que afecta a la vida de las plantas y que depende de la velocidad de viento y la turbulencia, entre otros muchos factores. Varios trabajos han desarrollado estudios en este campo, concluyendo que en presencia de grandes vientos existe un incremento de la evaporación potencial y una reducción de la transpiración de la hoja [42][59].

Escala de variación espacial dinámica En el caso de la dispersión anemócora de las semillas se han desarrollado varios modelos incorporando la velocidad media de viento y las variaciones de turbulencia, obteniendo la relación con los perfiles de viento [47][48]. A partir de los cambios en la dirección principal del flujo de viento comentados en la sección 4.3.1, se puede deducir que existe una menor distancia de dispersión en la dirección del flujo y cerca del aerogenerador, efecto que se disipa a lo largo de la estela [35].

En base a los estudios comentados en el apartado anterior, es esperable un decrecimiento del ratio de evaporación en el área influenciada por el movimiento de las palas, y cuyo efecto se irá disipando a lo largo del flujo. En climas mediterráneos, secos, este efecto es muy importante, ya que promueve la retención de humedad en las plantas y puede traducirse en una mejora del crecimiento [35].

Escala de variación temporal Evaluar las variaciones estacionales e interanuales que presentan las cubiertas vegetales, teniendo en cuenta que las variaciones observadas pueden ser debidas al ciclo biológico de las plantas. Se ha de comparar la evolución de la vegetación con una zona de control de similares características en cuanto a relieve, condiciones meteorológicas y vegetación para distintas épocas del año.

Se debe determinar la evolución de fv junto con la precipitación y temperatura media diaria, con el fin de poder estimar las variaciones estacionales de la cobertura vegetal. El índice de variabilidad temporal de la fv, o la tasa de velocidad de cambio de la fracción de cobertura vegetal, da una medida de velocidad de respuesta del sistema a los cambios inducidos.

Nivel de afección Es posible estimar la intensidad y extensión de la afección en función de la pérdida de fv. El nivel de afección se aproxima considerando los siguientes atributos independientes entre sí:

- Nivel de madurez
- Cobertura
- Diversidad de especies
- Singularidad o elementos protegidos

Considerando la superficie real de cada uno de los estratos presentes y ponderando cada uno de ellos según su importancia.

Propuesta de medidas

- Acotación de los accesos al personal ajeno al proyecto, especialmente en caso de tratarse de zonas con un gran riesgo de incendios.
- Jalonado y delimitación de zonas con especies de interés.
- Eliminación de la vegetación sólo en los casos en que sea necesario. Eliminación selectiva mediante desbroce, talas y otros tratamientos, evitando el empleo de pesticidas y herbicidas.
- Eliminación de la vegetación dañada.
- Tratamientos selvícolas y acciones de protección.
- Evitar zanjas y fosos cerca de árboles.
- Ejemplares de importancia histórica serán trasladados a otros lugares en caso de no poder conservarlos in-situ.
- Control de especies invasoras.
- Plantación de especies arbustivas alrededor de las torres de los aerogeneradores para evitar la erosión en el entorno [51]. Esta medida es fundamental llevarla a cabo en la fase de construcción 5.
- Tras las fases de construcción o desmantelamiento, una vez finalizada la acción, restaurar la vegetación en las zonas colindantes afectadas.
- Cultivo de especies vegetales palatables como factor atractivo para la fauna y para el ganado doméstico, en caso de permitir el pastoreo.

4.3.4.2. Especies faunísticas. Avifauna y murciélagos

Los grupos faunísticos compuestos por anfibios, reptiles, aves y mamíferos terrestres, se verán afectados según el impacto sobre su hábitat a lo largo de todas las etapas del proyecto, así como su capacidad de desplazamiento a otras zonas en las cuales exista un hábitat similar y adecuado para su supervivencia. El mayor impacto será generado durante las fases de construcción y desmantelamiento, pudiéndose recuperar parte del hábitat a lo largo de la fase de explotación y mediante la restauración ambiental.

Como indicadores de la afección producida sobre la fauna, se han seleccionado las afecciones sobre aves y los murciélagos. Las más frecuentes son las colisiones, molestias, cambios en los patrones de vuelo, desplazamientos a otras zonas, el efecto barrera y la destrucción de hábitat en los casos más extremos.

Los principales factores implicados en el impacto sobre la avifauna son: la localización de los aerogeneradores, la velocidad de viento, las condiciones atmosféricas y climatológicas, el relieve, la visibilidad de las estructuras, el ruido y la inadecuada iluminación del parque

(entendiéndose como inadecuada iluminación aquella que genere atracción sobre algunas especies, dificulte la visibilidad o produzca molestias).

La dificultad de cuantificación del impacto real es debida a la variabilidad entre parques, los cambios espacio temporales, la complejidad del seguimiento y las metodologías no consolidadas, pudiendo ser solventada con la adecuada metodología de seguimiento, a través de estudios específicos y la aplicación de estas recomendaciones.

Es necesario conocer las especies presentes en el área de estudio, especialmente las más susceptibles de afección, según su capacidad de movimiento y su ciclo anual.

Existen evidencias que indican que los aerogeneradores actúan como atrayentes de los murciélagos, esto hacen imprescindibles las tareas de seguimiento del impacto sobre ellos [17]. Todos los murciélagos se encuentran legalmente protegidos, por ello es necesario que este grupo se tenga en cuenta de forma rigurosa en los estudios de impacto ambiental, especialmente en las fases previa y de explotación. Se realizarán estimas del uso que hacen los murciélagos durante la noche de la zona seleccionada, zonas de caza y vías de desplazamiento.

La metodología habitual de detección en el caso de murciélagos, se centra en el uso de grabaciones de sonido directo con equipos que garanticen la identificación de especies o la grabación con cámaras de infrarrojos. Se recomienda posicionar un detector de actividad por cada 10 aerogeneradores, con toma de datos al menos 3 noches durante los periodos de mayor riesgo de afección. Sería conveniente el seguimiento nocturno continuo entre el 15 de julio y el 15 de octubre. Para más detalle se recomienda consultar las directrices [32].

Es primordial el estudio de refugios, zonas de descanso y zonas de reproducción dentro del área de estudio o en un radio de 30 km, ya sean refugios de interés internacional, estatal o regional, y a una distancia de 10 km para otros refugios de interés [4]. El análisis previo de la localización es fundamental, por eso se recomienda consultar las tablas resumen, realizadas por la Sociedad Española de Ornitología, dentro del documento "Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos". Aportan una estimación de la sensibilidad e impacto potencial, dependiendo de las características de la localización y de los aerogeneradores [4].

Es necesario analizar la presencia de invertebrados, qué especies y en qué zonas se concentran. Esto es fundamental teniendo en cuenta que son el sustento alimenticio de algunos de los grupos anteriores, y por tanto podrán verse atraídos a unas zonas u otras dependiendo del tipo, cantidad de invertebrados y su afinidad por los sistemas de iluminación de los aerogeneradores.

Métodos de detección. Indicadores para evaluar la afección

- Variación en patrones y modos de vuelo.

  Las variaciones verticales en la velocidad media de viento y las fluctuaciones debidas a la turbulencia, generan inestabilidad en las aves, dificultando el vuelo e incrementando el gasto de energía por parte de ellas. Variando la velocidad de vuelo según el tipo de especie [60] y ruta de vuelo. Se recomienda el uso de datos de alta resolución, tecnología radar [9] y datos GPS para evaluar el movimiento de las aves en el espacio, y así cuantificar el efecto producido por el viento [57].

Según los estudios realizados por [27], se ha comprobado que las aves detectan la presencia de los aerogeneradores y regulan su vuelo, sin embargo, la energía invertida en desviar el patrón de vuelo, reduce la supervivencia de las aves [29]. Tanto en el caso de los paseriformes, como en aves rapaces, se observa que independientemente de la velocidad de viento, suelen moverse debajo de las palas del aerogenerador, y por lo general, fuera del radio de actuación de dichas palas.

Rapaces y algunas aves no paseriformes, habitualmente se desplazan en la dirección paralela a los aerogeneradores, mientras que los paseriformes suelen hacerlo de forma perpendicular. El mayor número de aves ha sido visualizado durante la primavera, con presencia de rapaces en condiciones de fuertes vientos, y al contrario en el caso de paseriformes [27].

En algunos casos se ha comprobado la existencia de cambio en la dirección de vuelo de 400 a 1000 metros, dependiendo del tipo de especie, y un incremento de la altitud de vuelo entre un 14 % y un 22 % [15].

- Pérdida de hábitat, molestias y desplazamientos. Impacto poblacional.

  La pérdida o deterioro del hábitat derivados de las acciones durante el periodo de construcción, puede perdurar a largo plazo.

  Estos cambios se cuantifican a nivel observacional, según la presencia y comportamiento de las aves o con transmisores automáticos GPS/GSM para determinar la posición de los individuos antes y después de la construcción del parque. Para es requerido un conocimiento mínimo sobre parámetros poblacionales y demográficos de la población objeto de estudio. Se recomienda mantener una distancia entre 2 y 3 km entre el observador y la zona de estudio y realizar al menos 4 observaciones al mes de 90 minutos en las horas centrales del día, durante un año y prestando atención a la época de nidificación.

  Se utilizan transectos lineales de ancho de banda fijo y puntos de conteo que permiten evaluar la pérdida de hábitat en función del número de individuos contabilizados antes y después de la instalación del parque. El manejo de la teledetección facilita la comparación de imágenes satélite antes y mejora los resultados.

  Una vez procesada la información y digitalizada, es conveniente plasmarla en polígonos kernel, y estimar las zonas con mayor número de individuos en vuelo y la probabilidad de presencia de aves. Este método no solo es aplicable a la evaluación de pérdida de hábitat, sino también al riesgo por colisión; gracias a los datos de abundancia y uso del espacio.

- Colisiones y/o electrocuciones.

  Habitualmente la determinación de mortalidad en parques eólicos sobre la población faunística se realiza a través de la búsqueda de cadáveres. Mediante el recorrido de transectos lineales o concéntricos entre sí, realizado por observadores especializados y en ocasiones acompañados con perros, para una búsqueda más eficiente.

Se recomienda la búsqueda en un radio mayor del 10 % del diámetro del rotor, y a lo largo de la estela generada tras el aerogenerador, sin sobrepasar los 10 aerogeneradores por persona y día para evitar sesgos. En caso de colisiones contra las infraestructuras eléctricas, se seguirá el mismo procedimiento alrededor de las infraestructuras y a lo largo del tendido eléctrico [4].

Algunos de los sesgos asociados son:

- Tamaño del cadáver.
- Fracción de desaparición, por carroñeros o descomposición.
- Tipo de vegetación, que puede ocultar los cadáveres o dificultar la accesibilidad a la zona de búsqueda.
- Clima y la época del año, de los cuales dependerá la tasa de descomposición y desaparición de los restos.

El indicador más idóneo para evaluar la afección sobre las aves es la tasa de mortalidad por cada aerogenerador estimada a partir de las aves inventariadas, la tasa de desaparición de cadáveres y la probabilidad de detección de los mismos. Ambos indicadores pueden ser calculados a través de las fórmulas propuestas por [25] y [61], recomendados por la Sociedad Española de Ornitología. Otras aproximaciones para cuantificar estos parámetros pueden consultarse en [37].

En el caso de los murciélagos, la metodología apenas difiere de la usada para aves. El rastreo se debe hacer siguiendo bandas paralelas de anchura entre 50 y 60 metros y a lo largo de la estela generada tras el aerogenerador; marcando los extremos de cada una de ellas y en intervalos de tiempo de 3 días máximo. En otros casos se recomienda realizar el rastreo en un radio de 1 km alrededor de cada aerogenerador [32].

Como indicador para cuantificar su tasa de mortalidad en murciélagos, y en algunos casos aplicable a aves pequeñas, se aconseja utilizar el número corregido de fatalidades por turbina o por zona para cada año [58]. No se dispone de amplios estudios sobre paseriformes, sin embargo, trabajos realizados en Estados Unidos, indican que cada año mueren entre 2.10 y 3.35 aves de pequeño tamaño por MW de capacidad instalada [26]. Por tanto, es necesario ampliar el estudio de estas especies y su impacto real en los parques eólicos andaluces.

Para comprobar que las muertes de las aves y murciélagos son debidas al parque eólico y no a otros agentes externos, se selecciona una zona de control situada a una mínima distancia de 500 metros; prestando especial atención a las especies que presenten un grado de conservación.

Escala de variación espacial dinámica Las corrientes de viento son utilizadas por las aves para su desplazamiento, las mismas que son aprovechadas para la producción de energía, es por esto que las modificaciones producidas en el campo de vientos pueden

ocasionar dificultades en el vuelo de algunas aves [20]. Esta variación espacial es dinámica y variará a lo largo de la estela turbulenta, como se especificó en el apartado 4.3.1.

Velocidades menores de viento desencadenan mayor mortalidad de murciélagos, por el contrario, con vientos mayores de 5-6 m/s la mortalidad se reduce significativamente, llegando al 50 % [49].

Escala de variación temporal Las condiciones dentro de un parque eólico pueden variar con el tiempo, no sólo las ambientales, sino también la presencia de especies y los técnicos evaluadores, por ello es necesario un minucioso registro de la dinámica poblacional.

El mayor número de fatalidades ocurren durante el verano y el invierno, coincidiendo con los ciclos migratorios y agravando el efecto barrera. Esto unido a las condiciones de luz y la meteorología adversa, disminuye la visibilidad de las aves e incrementa su mortalidad. La mayor incidencia sobre murciélagos ha sido registrada durante los periodos de verano y principios de otoño, por lo que consideraremos esta época como la de mayor riesgo [32].

La variación temporal de las anteriores situaciones se debe cuantificar, dependiendo de la duración y la frecuencia en la que aparece, siendo anual o bianual en el caso de especies migratorias. En términos de reversibilidad, se clasificarán como irrecuperables en caso de mortalidad elevada, considerándose una afección de menor grado, recuperable, o incluso fugaz, si las aves cambian sus patrones de vuelos sin que se produzcan mayores incidencias. Para el caso de especies sedentarias, si se ven obligadas a desplazarse, puede disminuir su supervivencia y su capacidad reproductora [18].

Nivel de afección En función de la tasa de mortalidad, la pérdida de hábitat y la probabilidad de detección, se debe determinar el nivel de afección. Es imprescindible cuantificar la extensión, de carácter local en el caso de las muertes por colisión y niveles regionales o incluso globales en los que se produzca pérdida de hábitat.

Se evaluará la intensidad de la afección, catalogada en bajo, medio y alto riesgo, dependiendo de la tasa de mortalidad y la cuantificación de pérdida de hábitat, entre otras afecciones. Ambos parámetros, extensión e intensidad, dependerán de la especie, de la localización y características del parque.

Para más información sobre los niveles de daño según el tipo de afección, se recomienda consultar el manual publicado por la Sociedad Española de Ornitología [4].

Afecciones por especie Se propone definir diferentes estrategias en función de la especie, por esto es importante el estudio inicial de la población. El trabajo realizado en el proyecto respecto a la fauna, se refiere a la provincia de Cádiz, debido a que alberga aproximadamente el 40 % de los parques eólicos instalados y la información es fácilmente accesible.

- Especies de aves de pequeño, medio y gran tamaño. Seleccionando como referencia las estadísticas de mortalidad recogidas en la provincia de Cádiz, tomada como provincia representativa en términos de explotaciones eólicas a escala regional, se obtuvo como resultado, que la especie más afectada es el buitre leonado, seguido por la

calandria y el cernícalo vulgar. Destaca la aparición, especie que sólo cuenta en Andalucía con unas 20 parejas reproductoras, por lo que se halla catalogado como "En Peligro de Extinción"; lo que hace pensar que posiblemente los alimoches localizados correspondan a individuos en migración.

Esta relación está muy condicionada por el hecho de que el buitre es una especie de gran tamaño, cuyos cadáveres son relativamente fáciles de localizar y no desaparecen rápidamente por la acción de carroñeros. Especies como el buitre leonado y otras grandes aves veleras están más expuestas a los aerogeneradores debido a que pueden ser incapaces de evitar las máquinas por a su reducido campo de visión binocular [45] y su escasa capacidad de maniobra en vuelo [21].

En la base de datos mencionada en el Anexo C se muestra la relación de colisiones de aves con aerogeneradores en la provincia de Cádiz desde 1993 hasta marzo de 2016. Las especies están ordenadas en sentido decreciente en importancia numérica. Se muestra su categorización dentro del Catalogo Andaluz de Especies Amenazadas. Para las especies que superan el 1 % del total aparece el tipo de vuelo predominante y si se encuentran presentes en el territorio como estivales (EST), migratorias (MIG) o invernantes (INV).

- Especies murciélagos. Migratorias y sedentarias.

  En la base de datos C se resumen las casi dos mil incidencias de quirópteros encontradas en parques eólicos de la provincia de Cádiz, en el periodo 2005-2014 extraída del Programa de Seguimiento de Parques Eólicos de esta provincia. Se han detectado incidencias en 14 de las 20 especies que se conocen en Cádiz.

  En cuanto al carácter migratorio de las especies afectadas, ninguno de los murciélagos en Cádiz tiene un comportamiento migrador de largo recorrido. Sólo un 4.5 % de las incidencias corresponden a especies migrantes de carácter regional, frente al 95.5 % de incidencias en especies sedentarias.

  En lo que se refiere a conservación, todas las especies de murciélagos españolas están incluidas en el anexo IV de la Directiva de Hábitats y en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas. Es difícil saber el impacto de las muertes sobre las poblaciones porque apenas hay información de los tamaños poblacionales de los murciélagos.

  Existe un alto número de incidencias del nóctulo grande (*Nyctalus lasiopterus*), siendo la especie con problemas de conservación que más incidencias acumula.

Propuesta de medidas En este apartado se recogen medidas protectoras y correctoras para minimizar el impacto.

- Se recomienda ubicar el parque a una distancia de al menos 10 km de lugares de atracción de aves, como pueden ser basureros, puntos de alimentación, zonas de humedales, etc.
- Se recomienda la exclusión de propuestas de proyectos dentro de áreas protegidas, principalmente Red Natura 2000 y parques naturales y nacionales.

- Se han de planificar las obras fuera de los periodos de reproducción y anidamiento de las especies de interés.
- Incremento de la visibilidad de las hélices, mediante colores o luces no atrayentes.
- Para el caso de las aves, se recomienda el uso de aerogeneradores de baja velocidad, o en caso contrario, instalar aerogeneradores de velocidad variable. Si la mayor mortalidad se da para murciélagos, estas medidas agravarían la situación.
- Seleccionar un tipo de iluminación adecuado, evitando los flashes de luz y luces blancas, con el objetivo de minimizar la atracción de las aves y de insectos.
- El uso de sistemas tipo DTBird, el cual detecta la presencia del individuo en los alrededores del aerogenerador y detiene su funcionamiento automáticamente. Este sistema puede ser útil para bandadas de aves al ser detectadas a distancia.
- Instalación de equipos de vigilancia permanentes que puedan operar directamente y detener los aerogeneradores si se detecta alto riesgo de colisión.
- Seguimiento a largo plazo y continuado de las poblaciones y refugios cercanos.
- Trasladar carroñas de ganado y otros animales a otras zonas para evitar concentraciones de aves carroñeras.
- Los aerogeneradores que acumulen mayor mortalidad serán desmantelados. Es necesaria la creación de marcos jurídicos y administrativos que faciliten esta medida.
- Adecuado plan de monitorización.
- Cese de actividad en los periodos de mayor riesgo, o al menos en las horas de mayor mortalidad. Durante la noche en caso de murciélagos.
- Se pueden acotar los periodos de parada de los aerogeneradores a partir de los modelos realizados mediante estimación de la actividad de murciélagos en las proximidades de los aerogeneradores.
- Una medida correctora, en fase experimental, es la emisión de ultrasonidos que tienen un efecto repelente/disuasorio sobre los murciélagos.

4.3.5. Calidad atmosférica y lumínica

La Ley 34/2007 regula la calidad del aire y la protección de la atmósfera en el ámbito nacional y el Decreto 239/2011 a nivel regional en Andalucía. En ambas leyes se recogen los requisitos ha cumplir para la mejora de la calidad atmosférica y del medio ambiente, así como los procedimientos de regulación.

Los indicadores seleccionados en estas recomendaciones para valorar la calidad atmosférica son:

- Presencia de contaminantes atmosféricos.

- Cantidad de polvo y partículas en suspensión.
- Contaminación lumínica, dependiendo del tipo de iluminación del parque.

Realizar un estudio de la calidad atmosférica del área de interés, en casos en los cuales no existan datos previos, será necesario para la comparación y cuantificación de las alteraciones sobre la calidad atmosférica producidas por el parque eólico. La presencia de contaminantes en la atmósfera se detectará a través de medidas con estaciones ubicadas dentro del parque, principalmente en el periodo de construcción, donde la emisión de contaminantes y la presencia de polvo es elevada y continua en el tiempo.

A lo largo de la fase de explotación no se prevé la presencia de contaminantes en el ambiente, llegando a valores próximos a 0 en casos como las emisiones de CO_2, lo cual es un impacto positivo. Gran parte del polvo y los contaminantes durante las demás etapas serán transportados por el viento a distintas áreas. Se estudiará su transporte en los alrededores de cada aerogenerador y a lo largo de la estela, debido a la relación directa con los campos de viento (4.3.1). Se ha de tener en cuenta la influencia de las condiciones en la CLA (4.3.3), la topografía y rugosidad del terreno (4.2.2.3) sobre la dispersión espacio-temporal de los contaminantes [69].

Respecto a la contaminación lumínica, estará asociada a luces intermitentes y de posicionamiento, muchas de las cuales no sólo afectarán en términos de calidad en el cielo nocturno, sino también sobre la fauna 4.3.4.2.

Se realizará un control periódico tal como estipula la ley para comprobar la calidad atmosférica y el cumplimiento de los estándares regulados. Será necesario definir un plan de seguimiento y vigilancia, que dependerá del nivel de afección sobre el área de estudio. El contenido de los planes de seguimiento y mejora se recogen en el Decreto 239/2011 para Andalucía.

Propuesta de medidas En este apartado se recogen medidas correctoras y protectoras para minimizar el impacto.

- Revisión periódica de la maquinaria para asegurar la minimización de las emisiones y la expulsión mínima de partícula al ambiente.
- Limitación de velocidad en los caminos auxiliares y vías no asfaltadas, habitualmente a 30 km/h.
- Uso de combustibles alternativos cuya emisión de partículas sea inferior. Uso de combustibles biodiesel.
- Instalación de sistemas automáticos de medida para la monitorización de emisiones, en aquellos casos que se estime oportuno o durante el periodo de construcción y desmantelamiento.
- Estabilización química de suelos para evitar emisiones de polvo.
- Ejecución de riegos periódicos sobre viales y zonas de trabajo para reducir la formación de polvo, especialmente en los periodos más secos o con mayor afluencia de tráfico.

- Riegos sobre camiones y uso de lonas protectoras para disminución del polvo in situ y durante el trayecto hasta la zona de acopio de materiales.
- Limpieza de ruedas de los vehículos para evitar el esparcimiento de sedimentos y polvo por las vías contiguas.
- Reducir al máximo la contaminación lumínica durante las horas nocturnas, respetando la normativa de iluminación y balizamiento reflejada en el Real Decreto 297/2013 de servidumbres aeronáuticas.

4.3.6. Contaminación acústica

Los parques eólicos suelen localizarse en zonas que aseguran la máxima extracción de energía de los campos de viento, y esto lleva consigo una elevada contaminación acústica. El ruido es objeto de estudio debido a las afecciones y disturbios que produce en la vida de la población cercana a los parques eólicos.

Son dos los tipos de ruido procedentes de los aerogeneradores: ruido aerodinámico producido por las palas y ruido mecánico procedente del rotor. El ruido aerodinámico, el infrasonido y el sonido de baja frecuencia, son los que producen mayor afección acústica y han de controlarse [46]. Entre los factores que mayor afección presentan sobre la propagación del ruido se encuentran: el nivel sonoro inicial, las condiciones topográficas, meteorológicas, [38] y la dirección del viento.

Se ha de analizar el alcance de la afección y promover la reducción del nivel acústico, ya sea mediante cambios en las infraestructuras o aumentando las distancias a los núcleos de población. Actualmente la Ley 37/2003 de ruido regula este tipo de contaminación en España y el Decreto 6/2012 en Andalucía.

La contaminación acústica se evalúa de forma genérica a través de la "Guía de contaminación acústica", que aporta una metodología para mediciones de ruido, delimitación de áreas con sensibilidad acústica, entre otras recomendaciones. Este método no es específico para la cuantificación y seguimiento de la contaminación acústica producida por los parques eólicos [1]. Es necesario el estudio específico en base a los procesos dinámicos, que mejore la evaluación del ruido en parques eólicos.

En España, la distancia recomendada entre un parque eólico y el núcleo poblacional más próximo oscila en torno a los 500 y 1000 metros. Puede ser insuficiente, pues la propagación del sonido dependerá de la distancia, la variabilidad atmosférica y las condiciones de cada parque, teniendo en cuenta las oscilaciones nocturnas.

Según estudios realizados por [66], la percepción del sonido es mayor durante las horas nocturnas; se producen molestias en un rango de 500 metros alrededor del parque eólico, decreciendo cuando la distancia se encuentra en un rango de 2 km. En una noche tranquila, a una distancia de 1,5 km se aprecia el ruido similar al producido por un tren ligero [66].

La contaminación acústica no sólo afecta a la población, sino también a la fauna del lugar 4.3.4. En casos excepcionales, aquellos cercanos a zonas protegidas, especialmente ZEPAs, se debe comprobar que se cumplen los estándares de contaminación acústica establecidos por la legislación específica 2.

Métodos de detección. Indicadores para evaluar la afección Se recomienda la evaluación del ruido siguiendo el procedimiento estipulado en la norma UNE-EN 61400-11 de aerogeneradores. Será imprescindible tener un conocimiento pormenorizado de los vientos predominantes, el nivel de potencia acústica del aerogenerador, el nivel de ruido de referencia en situación preoperacional y la calidad de toma de datos de los emisores.

En la Ley 37/2003 se propone el uso de índices acústicos para una evaluación más objetiva y una cuantificación más aproximada del ruido que puede llegar a los núcleos de población. En los Anexos I y II de dicha ley se detalla el procedimiento y la tabla de valores aproximados para distintas localizaciones.

La distancia entre los núcleos residenciales y los aerogeneradores se medirá con distanciómetro y GPS, tomando medidas a distintas distancias y a lo largo de la estela turbulenta. Registrando en todas ellas los niveles sonoros, con equipos provistos de micrófonos adecuadamente impermeabilizados para evitar distorsiones debidas a la humedad [41].

A parte de los métodos estipulados en la ley, existe la posibilidad de utilizar el modelo analítico de Amiet aplicado al cálculo del ruido procedente de la turbina, que aporta una relación entre el flujo de viento turbulento y la propagación de ruido [64]. Por otro lado el modelo de ecuación parabólica usado por [43] ofrece resultados de propagación de ruido validados con soluciones analíticas, mostrando que los niveles de sonido dependen de la dirección de propagación, el perfil de temperatura y el perfil de viento de entrada.

Estos modelos posibilitan la estimación de los niveles de ruido que llegan a los núcleos de población para seleccionar la ubicación más adecuada, la distribución de las infraestructuras y los periodos idóneos de explotación.

Escala de variación espacial dinámica Se consideran las curvas de potencia sonora en función de la velocidad de viento y sus variaciones, ya que la propagación del sonido sigue un modelo que depende de la velocidad de viento y temperatura; al existir cambios sobre las propiedades de propagación del sonido cuando se modifica el flujo en la estela [41].

Los perfiles de velocidad del sonido estimados para temperaturas locales y velocidades de viento se han calculado para cuatro casos: día, noche, condiciones altas y condiciones extremas de viento. Significativas modificaciones en la propagación del sonido se han constatado a partir de estos cálculos, al igual que su relación entre el viento de cizalladura y la distancia de propagación [43].

Según el estudio realizado por [38], a una velocidad de aproximadamente 12 m/s y una distancia mayor de 100 m, el ruido producido por los aerogeneradores es aproximadamente igual que el ruido existente antes del proyecto.

Escala de variación temporal La principal variación temporal se produce a escala diaria, con cambios entre la mañana y la noche. Durante el año se producen otras alteraciones asociadas al tipo de viento 4.3.1, como se ha comentado en el apartado anterior.

Hay que destacar que los niveles de ruido más elevados, aunque en cortos periodos de tiempo, son los producidos por la maquinaria en las fases de construcción y desmantelamiento. Estos niveles sonoros serán igualmente estudiados y controlados, según marca la

legislación vigente 2.

Nivel de afección El nivel de afección dependerá de la distancia a los núcleos de población, el tipo y número de aerogeneradores, la velocidad y dirección de viento y la sensibilidad de la población que percibe el ruido. Generalmente la extensión de la afección es local, aun así, su intensidad debe ser valorada en cada caso para discernir entre bajo, medio y alto riesgo de daño. En casos de medio y alto riesgo, se detendrá el funcionamiento del parque hasta que disminuya la afección o hasta que se apliquen las medidas correctoras convenientes.

Propuesta de medidas En este apartado se recogen medidas en materia de protección contra el ruido y corrección de este.

- Mejora del diseño de las palas. Con diseños más aerodinámicos se consigue una reducción del ruido aerodinámico.
- Seguimiento y mantenimiento periódico de la góndola para la disminución del ruido mecánico.
- Ubicación de turbinas a barlovento para reducir el ruido de baja frecuencia.
- Creación de mapas de ruido que faciliten la elección del emplazamiento más adecuado.
- Consideración de las variaciones diarias de ruido para evitar la subestimación de los decibelios generados y los que llegan a los núcleos de población cercanos.
- Modelización de la propagación de sonido para las distintas alternativas de proyecto, haciendo uso de los modelos recomendados.
- En casos extremos se recomienda valorar la posibilidad de instalar paneles protectores contra el ruido. Esta propuesta llevaría asociado un elevado impacto visual.
- Revisar el estado de la maquinaria a usar en el periodo constructivo y de desmantelamiento.

4.3.7. Impacto sobre el paisaje

El paisaje ha adquirido en los últimos años una gran importancia debido al fuerte grado de intervención humana sobre el territorio en los países industrializados, llegando a considerarse como parte del patrimonio natural de un país [50]. A partir del Convenio Europeo del Paisaje, este se define en función de su carácter, entendiendo como paisaje çualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos"[19].

La inclusión de aerogeneradores en un área concreta supone un fuerte cambio en el carácter del paisaje local. No en vano, los emplazamientos más ventosos donde suelen colocarse los aerogeneradores, corresponden por lo general a entornos naturales, los cuales suelen ser los que poseen mayor valor paisajístico [3].

Esta afección es tanto diurna, por el propio volumen de los generadores, como nocturna, por las luces de posición de los elementos. Así mismo, no es descartable que la modificación del ciclo de agua local provoque cambios de importancia en la geomorfología y en la vegetación, como se ha comentado en las secciones 4.2.2.3 y 4.3.4.1 y consecuentemente, en el paisaje.

Además de los aerogeneradores en sí, también afectan otros elementos como son los accesos, plataformas de montaje, cimentaciones (sobre todo durante la fase de construcción), red de media tensión, subestación transformadora y tendidos eléctricos de evacuación. Se debe valorar la afección en la envolvente definida por la cuenca visual del proyecto y por los puntos de frecuentación (por encima de los 10 km la afección visual es escasa).

La guía procedimental para la evaluación del impacto visual de actuaciones, planes y programas [31] define varios tipos de impactos visuales que se recogen dentro de dos categorías:

- Anulación: es la interrupción de la relación visual entre dos o más elementos de un paisaje y de estos con su entorno. Aquí se incluyen situaciones de obstrucción visual, de interrupción de la fruición visual, de apantallamiento o de ocultación.
- Intrusión: los impactos sobre legibilidad y jerarquía se refieren a la modificación de las relaciones visuales existentes en una escena. Entendiendo ambos términos como:
  - Legibilidad: a medida que se acumulan los efectos, aparecen fenómenos de intrusión, fragmentación o desorden visual, y finalmente saturación.
  - Jerarquía: complicando o desequilibrando la escena visual y la relación entre elementos.

La magnitud o escala de estos cambios visuales se describen en base a:

- La pérdida o adición de características visuales a una determinada vista, con los consiguientes cambios en su composición y sus proporciones originales.
- El grado de contraste o integración de las nuevas características visuales respecto a las existentes, en términos de forma, escala, masa, línea, altura, color, textura, etc.
- Considerando la duración y la naturaleza del efecto visual: temporal o permanente, intermitente o continuo, etc.
- Teniendo en cuenta el tamaño, el ángulo de vista, la proyección visual, la distancia y la extensión de la zona en la que los cambios serían visibles.

Métodos de detección. Indicadores para evaluar la afección En Andalucía existe un método de detección y evaluación del impacto paisajístico, conocido como Sistema de Visibilidad de Andalucía (SVA), el cual permite representar y reproducir el paisaje según es percibido, utilizando parámetros y algoritmos [30]. La cartografía que utiliza este sistema, tiene en cuenta todos los puntos de observación, dando un valor a cada uno de los puntos e integrando diferentes capas de observación.

El SVA necesita los siguientes elementos para su construcción [11]:

- Un modelo Digital de Elevaciones.
- Una malla de posiciones de observación.
- La distancia máxima de visibilidad, a partir de la cual el observador no distingue los elementos del paisaje.
- La altura de observación base.

Los datos necesarios para implementar esta metodología, pueden conseguirse a través de la REDIAM, tal y como se especifica en el apartado D. A partir de los datos anteriores, se puede obtener los parámetros necesarios para realizar una valoración del paisaje. Los principales parámetros se resumen en [30]:

- Altitud angular.
- Altura complementaria.
- Proyección visual.
- Horizontes.
- Altura de torre.

Una vez analizados los datos y parámetros, se podrán aplicar a diferentes situaciones, como la ordenación del territorio, la identificación, caracterización y cualificación paisajística. Además, este sistema ha sido probado en la evaluación paisajística de parques eólicos, por lo que su efectividad en el análisis ha sido testada.

Para profundizar en esta metodología y su aplicación, se recomiendan diferentes documentos [30][31][11][53][52] o consultar la página web de la REDIAM.

Propuesta de medidas

- Se recomienda tener en cuenta el SVA desde la planificación del proyecto, ya que es un parámetro a minimizar o maximizar. De esta forma, deben contemplarse los modelos para seleccionar áreas candidatas con dicho criterio: intervisibilidad, minimizar el valor de horizonte visual, proyección visual, grado de intrusión o anulación, o cualquier otro parámetro, y en función de la ponderación propuesta.
- Medidas de atenuación, como la mimetización óptima, para la cual se puede usar el SVA.
- Las características de los materiales usados deberán ser similares, en apariencia externa, a las del terreno base, con el fin de evitar contrastes cromáticos excesivos entre ambos tipos de materiales, principalmente en los taludes de acceso y plataformas.
- Evitar la instalación de aerogeneradores en las líneas de horizonte más significantes [30].

- Recomendar el cambio de emplazamiento de algunos aerogeneradores, apoyos del tendido eléctrico aéreo (incluso proponer algunos tramos en subterráneo), subestación transformadora, etc. En casos extremos se puede proponer la supresión de infraestructuras concretas.
- Estabilizar taludes de grandes dimensiones, mediante revegetación con especies autóctonas.
- Establecer pantallas naturales en zonas de alta frecuentación de observadores para ocultar algunos elementos (subestación transformadora, por ejemplo) que alteran la calidad del paisaje. Aplicar oxidante de roca madre en algunas zonas por motivos de integración en el paisaje.
- Las torres de los aerogeneradores deben tener un acabado neutro, y de color blanco o gris mate. Para más información sobre las infraestructuras recomendadas: sección 4.2.3.
- Construir la subestación con materiales típicos de la zona, siguiendo siempre los criterios arquitectónicos de la comarca en la que está encuadrada el parque, logrando finalmente un equilibrio visual con el paisaje.

4.3.8. Residuos

La regulación de residuos viene impartida por la Ley 22/2011 a nivel estatal y por el Decreto 73/2012 a nivel regional en Andalucía.

El mayor porcentaje de residuos generados en un parque eólico proceden de la fase de construcción y posteriormente del desmantelamiento. Se realizará una clasificación selectiva de residuos, una parte se almacenará para su posterior uso, otra se reciclará y por último lo que no se pueda añadir dentro de los anteriores grupos se enviará a vertedero. Las casetas de obra dispondrán de un adecuado sistema de evacuación de residuos, evitando la contaminación del medio.

La gestión de residuos, previa autorización, será llevada a cabo por personas o entidades cualificadas y acreditadas para la realización de este tipo de actividades, tal como se estipula por ley. Será necesario contactar con la Delegación provincial para la localización de canteras de suministro, plantas de hormigón, vertederos y lugares de acopio.

En la legislación se recogen los contenidos mínimos requeridos dentro de los planes de gestión de residuos, su tratamiento y autorizaciones. Todos los requerimientos necesarios para cada proyecto serán incorporados dentro del Plan de Gestión de Residuos.

Dentro de la legislación recogida en el apartado 2 se debe prestar especial atención a la referente a la contaminación de suelos, ya que forma parte de los residuos más tóxicos y difíciles de manejar, especialmente en casos de infiltración y contaminación de acuíferos y capas freáticas.

Propuesta de medidas En este apartado se recogen medidas correctoras y protectoras para minimizar el impacto por la generación de residuos.

- Los estériles generados se deben usar como material de construcción siempre que sea posible, siendo trasladados a una adecuada planta de residuos en caso contrario.
- No se realizarán vertidos sobre cauces o sobre el medio en general, a excepción de las zonas destinadas a acopio de materiales.
- Delimitación de zonas de acopio dentro del área del parque, seleccionando la ubicación que menos impacto genere.
- Los residuos vegetales se almacenarán en montones compactados para conservar sus propiedades y ser utilizados posteriormente como material de restauración.
- Evitar la limpieza de camiones y maquinaria (especialmente aquellos utilizados para contener y tratar hormigón) dentro de la zona del parque, o habilitar un área específica donde no se produzca afección ni impacto sobre el medio.

4.3.9. Calidad de vida de la población y patrimonio cultural

La calidad de vida de la población es un parámetro de difícil cuantificación, pues influyen parámetros subjetivos y variables dependientes del individuo. Para evaluar la calidad de vida se tomarán como indicadores: los efectos sobre la salud, los cambios en la percepción del entorno, y los cambios socioeconómicos. Estas afecciones están relacionadas directamente con el ruido, la calidad del paisaje y las sinergias que se produzcan con otras industrias.

Para estudiar las perturbaciones sobre la población se deben abordar los siguientes aspectos:

- Molestias derivadas de la contaminación acústica.
- Estudios epidemiológicos e implicaciones otorrinolaringológicas.
- Aspectos psicológicos.
- Molestias producidas por sombras intermitentes.
- Interferencias electromagnéticas.
- Modificaciones en el paisaje y en la calidad visual.
- Impacto sobre el patrimonio histórico y cultural.

Se realizarán mediciones del ruido y sus componentes a baja frecuencia, siguiendo la metodología descrita en el apartado 4.3.6.

Estudios epidemiológicos sugieren un bajo nivel de relación entre el ruido y las molestias en la población, estando este nivel de afección relacionado con las características individuales de cada persona y su estado epidemiológico inicial, por lo que no se vinculan de forma directa y objetiva [46].

Además de los componentes anteriores se debe evaluar la presencia de sombras intermitentes sobre las residencias más cercanas. Se recomienda una velocidad de giro máxima

de 6 rpm para una turbina de tres palas, teniendo en cuenta que durante el amanecer y el atardecer la afección producida por las sombras será mayor [39].

Las interferencias electromagnéticas pueden ser un problema en aquellos casos en que el parque eólico se encuentre cerca de torres de radio y televisión, aun así el campo electromagnético producido por un aerogenerador es relativamente pequeño y no ha de causar grandes interferencias [39].

La calidad del paisaje puede influir en la percepción del ruido y las molestias, esta cuantificación no es directa y dependerá de parámetros subjetivos y del individuo en sí. Los indicadores de cambio en el paisaje y sus afecciones se han estudiado en el apartado 4.3.7.

Un primer paso para evaluar la situación económica es analizar los usos del territorio, 4.2 y en caso de instalar el parque eólico en ese emplazamiento, qué consecuencias económicas supondría sobre la población y cómo pueden compensar las pérdidas. La implantación de parques eólicos puede fomentar el desarrollo económico de las áreas rurales que actualmente se encuentren sumidas en una situación improductiva.

Una elección del emplazamiento inadecuada puede derivar en afecciones sobre el patrimonio histórico y cultural D.5, incluso destruir parte de este patrimonio durante la fase de construcción y desmantelamiento. Se estudiará en detalle de la zona, con soporte cartográfico (4.2.2.1) realizado por expertos; y una continuada vigilancia durante estos periodos;con el objetivo de detectar posibles restos históricos, elementos arqueológicos y componentes culturales.

Pueden producirse impactos indirectos que influyan en la percepción del elemento patrimonial en concreto, por ejemplo, se ha de evitar construir un parque eólico entre un componente histórico y un punto habitual de visualización de este, ya que se vería mermado su valor.

Propuesta de medidas En este apartado se recogen medidas correctoras y protectoras para minimizar el impacto sobre la calidad de vida de la población.

- Involucrar a los residentes locales y una buena comunicación ayudan a disminuir la resistencia pública a los proyectos de energía eólica.
- Compatibilizar otras actividades humanas, permitiendo el cultivo en las zonas despobladas de vegetación entorno a los aerogeneradores, así como el pastoreo.
- Planificación de actividades divulgativas para mantener informada a la población sobre el proceso de instalación y las ventajas de la energía eólica.
- Fomento del turismo, integrando el parque eólico como elemento de interés a visitar y conocer.
- Fomento del mercado laboral, contratación de empresas locales y creación de puestos de trabajo para la población.
- Aplicación adecuada de las medidas contra el impacto visual recogidas en el apartado 4.3.7.

- Existe una gran dificultad para disminuir el impacto producido por las sombras intermitentes una vez instalado el parque, pero a pesar de ello, las afecciones se pueden mitigar manteniendo la distancia adecuada a las zonas residenciales y regulando la velocidad de las turbinas.
- En casos extremos, instalación de pantallas para la protección de las sombras intermitentes y de la iluminación nocturna.
- Estudio arqueológico previo a la construcción del parque eólico.
- Respetar las distancias suficientes para evitar las interferencias electromagnéticas producidas por los aerogeneradores.

4.4. Mapas de peligrosidad y vulnerabilidad

En términos ambientales, se construyen mapas de peligrosidad y vulnerabilidad para definir y delimitar espacial y temporalmente aquellas zonas que puedan ser dañadas en su totalidad o parte de sus ecosistemas. En el caso de parques eólicos se recomienda definir mapas de peligrosidad atendiendo a la interacción entre el Sistema Tierra y los ecosistemas, así como los cambios producidos tras la implantación del parque.

En el caso de la fauna, los mapas se suelen definir en función de la vulnerabilidad, entendiendo como vulnerabilidad la probabilidad de excedencia de un "suceso", una vez alcanzado el nivel de peligrosidad necesario para que ocurra (condicionado a que ocurra). Una vez conocida la abundancia de una especie en un área concreta y la sensibilidad de dicha especie, obtenida mediante el cálculo del índice de sensibilidad, con metodología recomendada por [4]; se obtiene la vulnerabilidad en el emplazamiento mediante la combinación de ambos términos.

Aun así, la vulnerabilidad es un parámetro subjetivo y de difícil cuantificación, por lo que se suele admitir el valor de vulnerabilidad máxima (vulnerabilidad=1). En este caso se estima la peligrosidad en términos de probabilidad de ocurrencia, considerando la peligrosidad como la probabilidad de excedencia de un agente o conjunto de agentes en un intervalo de tiempo en un dominio espacial, y calculada como el producto de la probabilidad de ocurrencia por la vulnerabilidad.

Estos mapas permitirán identificar las zonas con mayor probabilidad de afección sobre las especies de interés o sobre el medio en general. Aquellas especies que presenten mayor grado de vulnerabilidad o tengan asociada una figura de protección, tendrán mayor peso en la evaluación de las afecciones y en la selección del emplazamiento más idóneo.

En la figura 8 se muestra un flujo de trabajo para la construcción de dichos mapas, en el cual se incluyen los pasos comentados anteriormente.

4.5. Análisis de alternativas

Está indicado evaluar, como mínimo, tres alternativas que engloben aspectos ambientales, técnicos y socioeconómicos, incluyendo los componentes ambientales, infraestructuras, emplazamiento, requisitos y condicionantes de proyecto, etc.

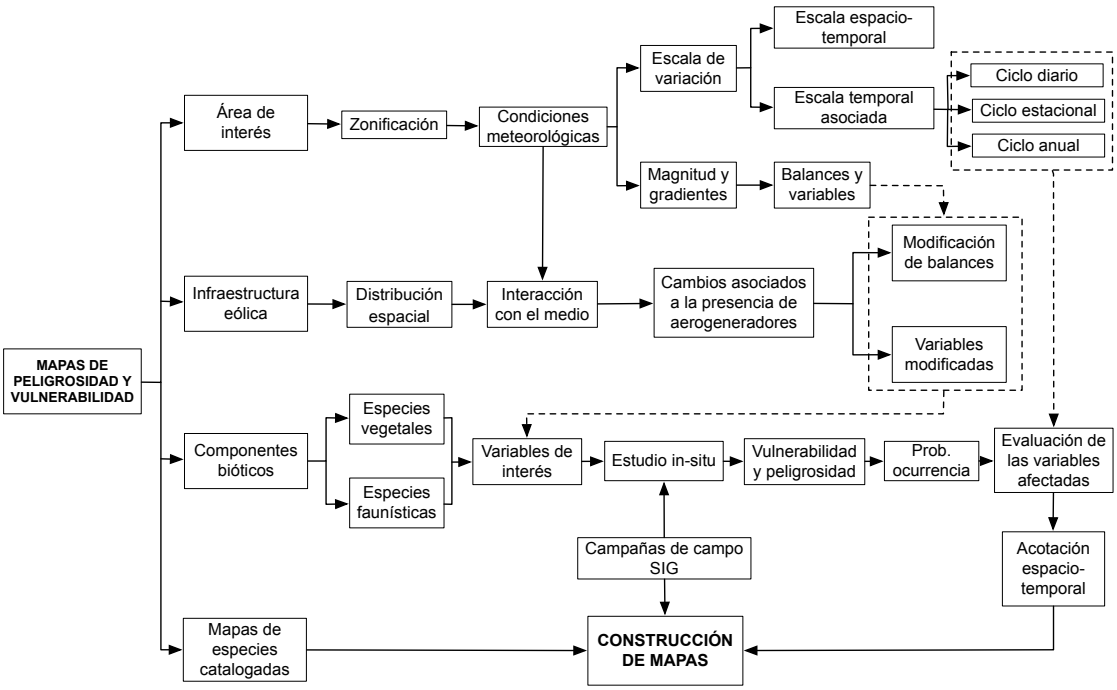


Figura 8: Organigrama para la construcción de mapas de peligrosidad y vulnerabilidad.

La figura 9 resume los aspectos propuestos en estas recomendaciones para la valoración de alternativas.

4.5.1. Estudio de sinergias entre las infraestructuras y los componentes del medio

En el estudio de alternativas se analizarán las posibles sinergias por la interacción con: otros parques eólicos (ya implantados o proyectados para el futuro), actividades económicas de la zona (explotaciones agrícolas, ganaderas u otro tipo de industrias) y con otras de energías renovables; como es el caso de las estaciones solares, las cuales se pueden ver afectadas por el efecto de las sombras, los contaminantes y el polvo en suspensión. Y por otro lado, la sinergia con áreas protegidas y otros espacios de interés.

Respecto a la sinergia con otros parques, se estimará en función de:

- El alcance de la estela tras los aerogeneradores, la cual reduce el potencial eólico que llega a los parques contiguos.
- El efecto barrera y los impactos ambientales acumulados por la cercanía entre parques.
- El impacto visual y los efectos sobre la calidad de vida.
- La superficie total de ocupación, evaluando la opción de considerar ambos parques como una sola entidad.
- Los efectos conjuntos sobre las especies y el nicho ecológico.

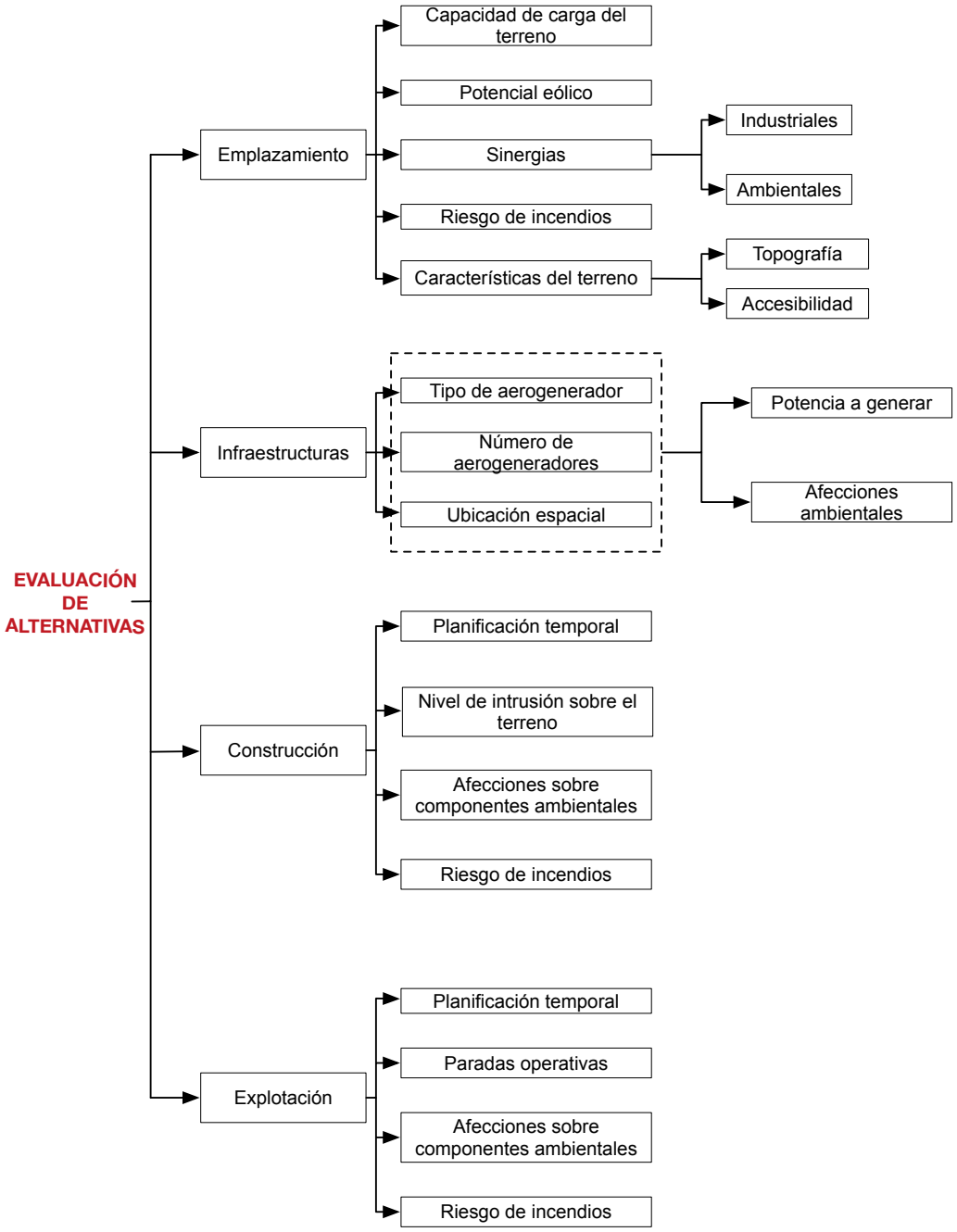


Figura 9: Organigrama para la selección de alternativas.

Se delimitarán áreas de influencia con el trazado de envolventes entorno a los parques, para así evaluar los impactos acumulados con mayor precisión.

En el caso de espacios naturales protegidos y zonas con poblaciones faunísticas y florísticas de interés, será fundamental la acotación de las zonas y el cumplimiento de los requisitos recogidos en las legislaciones específicas, fijando una distancia mínima en función de la sensibilidad del área. Se recomienda el uso de mapas de peligrosidad y vulnerabilidad como apoyo para este apartado 4.4.

4.5.2. Valoración de la viabilidad del proyecto

Una vez recogida toda la información de los anteriores apartados, se evaluará la viabilidad socioeconómica, técnica y ambiental del proyecto. Eligiendo la solución más adecuada entre las alternativas planteadas, siempre y cuando se satisfagan todos los requisitos y criterios de proyecto. Dicha viabilidad deberá ser justificada en función de los criterios ambientales y los costes asociados.

4.6. Plan de vigilancia y seguimiento ambiental (PVSA). Ley 21/2013

El Plan de vigilancia y seguimiento ambiental es de obligado cumplimiento, por tanto ha de ser ejecutado en cada una de las fases del proyecto (prediseño, construcción, explotación, desmantelamiento y restauración ambiental). El objetivo del PVSA es la verificación de la correcta aplicación de las medidas protectoras, correctoras y compensatorias, la detección de impactos durante el periodo de tiempo establecido, la comprobación de la calidad y buen estado de materiales y maquinaria, etc.

El estudio previo de la zona forma parte de los requisitos fundamentales para un correcto PVSA, conforme se ha detallado con el apartado 4.3. Seguidamente se inicia el periodo de vigilancia y seguimiento ambiental que se divide en dos grandes bloques principales: vigilar la aparición de impactos no previstos durante el diseño del proyecto, y seguir las medidas protectoras, correctoras y compensatorias en cada una de las fases.

Es adecuado el uso de fichas de seguimiento que incorporen las fases de proyecto y la siguiente información:

- Ubicación de la inspección.
- Fecha y frecuencia de inspección.
- Componentes ambientales.
- Medidas realizadas sobre las componentes.
- Metodología de inspección.
- Indicadores seleccionados para evaluar el impacto.

En el caso de la avifauna y murciélagos se recomienda el uso de la metodología de seguimiento propuesta por la Sociedad Española de Ornitología [4].

Las directrices a seguir serán incorporadas dentro del Estudio de Impacto Ambiental (Figura 14), y su duración se determinará en la declaración de impacto ambiental por parte de los órganos ambientales. Según la Ley de Evaluación Ambiental 2, el PVSA en las fases de obras y de explotación se ha de incluir dentro del presupuesto del proyecto.

5. Fase de proyecto constructivo

Durante la fase de construcción se van a generar la mayor parte de los impactos. En algunos casos, si no se han llevado a cabo las medidas necesarias, los impactos pueden perdurar durante toda la vida útil e incluso tras el desmantelamiento del proyecto.

La integración ambiental en los proyectos de construcción es de obligado cumplimiento, y se ha de realizar en etapas tempranas mediante la correcta planificación de todas las actividades que se vayan a ejecutar. En la figura 10 se resumen los pasos a seguir.

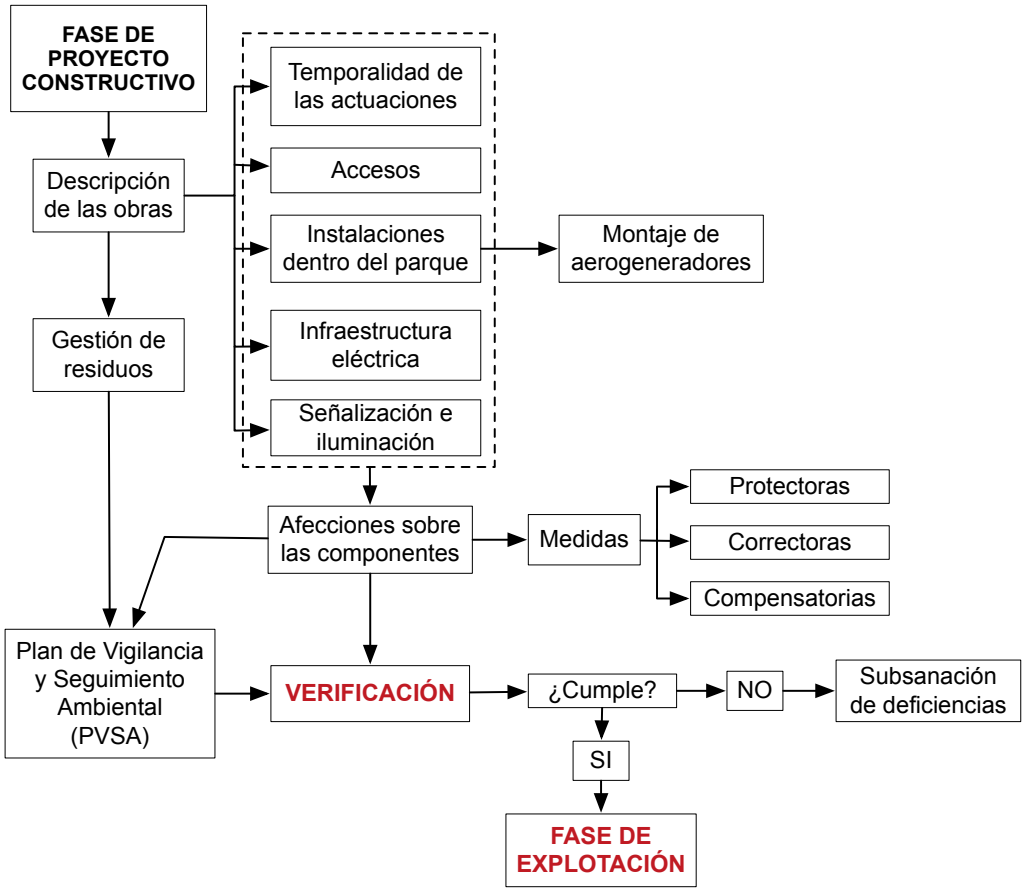


Figura 10: Organigrama para la fase de proyecto constructivo.

5.1. Descripción de las obras

En primer lugar se clasificará el territorio y cada una de las actividades previstas, zonificando y catalogando en superficies con valores ambientales escasos o recuperables y superficies con alto valor ambiental o de difícil recuperación. Cada una de estas zonas será balizada conforme a los métodos descritos en la fase de diseño 4.2.2.3. Durante la fase

de construcción se ubicarán las infraestructuras provisionales en superficies de menor valor ambiental, amoldándose a la anterior clasificación de áreas. La generación de empleo para la construcción se considerará como impacto positivo.

Se debe contar con un adecuado plan de incendios, ya que tanto en fase de construcción, como en explotación y desmantelamiento, existe una alta probabilidad de ocurrencia. Cuantificar la sensibilidad frente al fuego del tipo de vegetación presente, las propiedades inflamables del combustible vegetal y la posibilidad de transmisión de este a distintas zonas dentro del parque, componen los pilares básicos para la prevención.

Una perturbación generalizada durante todo el proceso constructivo viene dada por el ruido de la maquinaria, así como la emisión de partículas y contaminantes al medio. La descripción de estas perturbaciones y sus medidas correctoras se estudiaron en detalle en los apartados 4.3.5 y 4.3.6 .

A medida que vayan avanzando las obras se ejecutarán las operaciones de restauración, principalmente de recuperación de la cubierta vegetal, que favorecerá la restauración de parte de las demás componentes. Las medidas y recomendaciones para recuperación de la vegetación se recogen en el apartado 4.3.4.1.

Respecto a los materiales de construcción usados, como mínimo deben poseer características de color y textura similares a los del entorno. Se ha de verificar el cumplimiento de los protocolos de gestión de residuos y reciclado (4.3.8) de los materiales extraídos durante las excavaciones y los restos de construcción.

5.1.1. Temporalidad de las actuaciones

Planificar adecuadamente los periodos idóneos de construcción, supone conocer las épocas de menor sensibilidad de los componentes ambientales y limitar la construcción en los periodos de mayor probabilidad de afección. En cada apartado de las componentes ambientales se definió su periodo crítico. Para determinar la temporalidad de las actuaciones se consultarán especialmente:

- Componente "meteorología", apartado 4.3.3. Conocer los patrones de precipitación, las épocas más secas donde se generará mayor cantidad de polvo, etc.
- Componente "especies vegetales", apartado 4.3.4.1. Conocer los periodos de latencia y escoger el momento idóneo para la intervención sobre la vegetación.
- Componente "especies faunísticas", apartado 4.3.4.2. Conocer los periodos de migración, reproducción, anidamiento, etc.

5.1.2. Accesos

En el trazado de accesos se deben utilizar los viales preoperacionales, ampliando su anchura y añadiendo cunetas y sistemas de drenaje en aquellos casos en los que no esté hecho. Evitar el uso de hormigón en los viales auxiliares y en los principales, minimizará la contaminación y favorecerá la posterior restauración.

Casi todos los componentes ambientales se verán perturbados durante el trazado de los viales. La mayor alteración afecta a la topografía y geología, la calidad atmosférica y el sistema hidrológico. En los apartados 4.3.2, 4.3.5 y 4.3.3 se definieron las recomendaciones para minimizar dichas alteraciones.

5.1.3. Instalaciones dentro del parque. Montaje de aerogeneradores

En el proceso de instalación de los aerogeneradores, el mayor impacto vendrá dado por las plataformas de montaje y las cimentaciones, debido a la necesidad de mover grandes cantidades de tierra, el uso de maquinaria pesada y el tránsito continuo de camiones. Además, habrá que vigilar la contaminación del suelo por fugas o mal manejo del hormigón, los restos de ferralla del soldado, los desprendimientos de roca madre, etc.

En la construcción del resto de infraestructuras se considerarán las mismas precauciones que para cualquier otra obra, atendiendo a todas las componentes ambientales que se pueden ver afectadas dentro del área de estudio, que al igual que en el caso anterior, serán la mayoría, por lo que se recomienda consultar las medidas y metodologías recogidas en el apartado 4.3.

5.1.4. Infraestructura eléctrica

Las modificaciones en la red eléctrica para la evacuación de energía del parque deberán ser coordinadas y ejecutadas entre los diferentes promotores. Está indicado el soterrado de cables, y en algunos casos es de obligado cumplimiento, siempre que esta medida no ocasione un mayor impacto que cableado aéreo. Se elegirá una ubicación adecuada para la subestación eléctrica, dónde la afección sea mínima, en un edificio conjunto y compartido con el centro de control, almacén, etc.

Para la construcción de tendidos eléctricos aéreos se estudiarán los patrones de vuelo de las aves frecuentes en esa zona y los flujos migratorios, para más información se consultará el apartado 4.3.4.2.

5.1.5. Señalización e iluminación

Se respetará el jalonado y balizamiento planificado en la fase de diseño y la señalización obligatoria en construcción. Se ha de cumplir con los requisitos recogidos en la Ley de Servidumbres Aeronáuticas 2.

Las recomendaciones para la iluminación y señalización del parque y de los aerogeneradores, fueron indicadas en los apartados 4.3.4.2 y 4.3.5, enfocadas a la protección de la avifauna y murciélagos y a la calidad del cielo nocturno.

5.2. Gestión de residuos

La gestión de residuos estará planificada desde la fase de diseño. Se estimará la cantidad de residuos en volumen y peso, clasificada y temporalmente almacenada a pie de obra para facilitar la gestión y traslado. Toda esta información se detalló en el apartado 4.3.8.

La limpieza de las zonas de acopio de materiales y las de almacenaje provisional de residuos es imprescindible, evitando la contaminación y realizando dichas tareas en áreas habilitadas para ello. Se lavarán las especies vegetales con el objetivo de eliminar el polvo y los contaminantes que hayan acumulado durante el proceso constructivo y reducir la probabilidad de mortalidad.

6. Fase de explotación

Aunque durante la fase de explotación no se suelen alcanzar niveles de afección tan altos como en el periodo constructivo, es necesario un seguimiento espacial y temporal. Al entrar los aerogeneradores en funcionamiento aparecen cambios en la Capa Límite Atmosférica (4.3.1), produciendo alteraciones sobre las componentes asociadas a la actividad del aerogenerador y la presencia de las infraestructuras.

La Figura 11 resume los pasos a seguir en la fase de explotación.

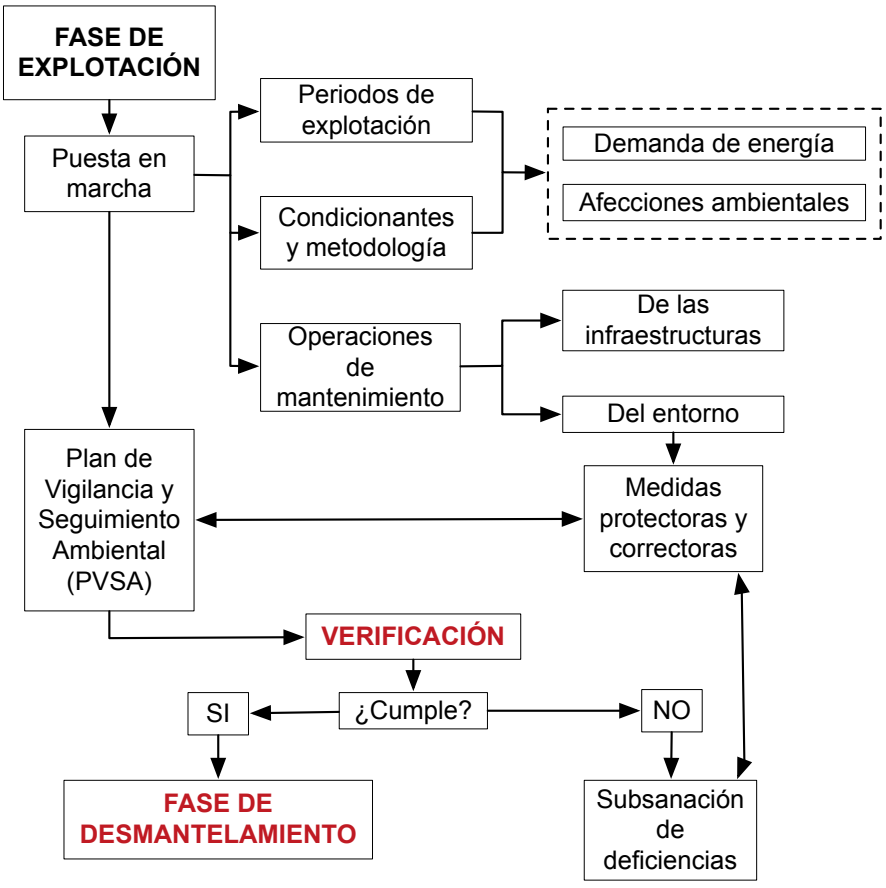


Figura 11: Organigrama para la fase de explotación.

6.1. Puesta en marcha de las instalaciones

Una vez autorizada la puesta en marcha de las instalaciones, han de tenerse en cuenta las cuestiones recogidas en este apartado.

6.1.1. Periodos de explotación

Los periodos de explotación de un parque eólico vendrán determinados por:

- La demanda energética. Aumenta habitualmente durante los periodos estivales, en los cuales se pondrá en funcionamiento la mayor parte de las infraestructuras y con periodos de actividad más largos.
- Será necesario limitar el funcionamiento de la explotación y en algunos casos realizar una parada operativa en los periodos de tiempo de mayor susceptibilidad para componentes como la avifauna 4.3.4.2.

En los casos que coincidan ambos periodos, se buscará una opción intermedia para continuar la producción de energía sin generar un impacto elevado.

6.1.2. Condicionantes y metodología en la explotación del parque eólico

Los condicionantes vendrán derivados de los periodos de explotación definidos en el anterior apartado y por las afecciones sobre los componentes. La identificación, forma de medida, metodologías y medidas fueron explicadas en el apartado 4.3.

Los procedimientos aportados en el documento tienen carácter de recomendación, podrán variar y ser adaptados en función de las necesidades y características del proyecto y del resultado del estudio previo.

6.1.3. Mantenimiento periódico de las instalaciones

El mantenimiento de las instalaciones no sólo favorece a la producción de la energía, sino que es necesario para minimizar las alteraciones. Existe un conjunto de operaciones de mantenimiento recopiladas en guías específicas y trabajos de investigación [7][24][10], las cuales son necesarias en la explotación de un parque eólico, pero no son objeto de estudio en estas recomendaciones.

Al llevar a cabo el Plan de Seguimiento y Vigilancia Ambiental descrito en el apartado 4.6, podrá ejecutarse conjuntamente la valoración y monitorización del estado de las infraestructuras [33] y la evaluación ambiental de cada una de las componentes. El seguimiento y control de afecciones será en todo caso de obligado cumplimiento.

6.2. Actividades divulgativas y turísticas

Durante el periodo de explotación es recomendable organizar campañas divulgativas, así como actividades turísticas en torno a los parques eólicos. Las actividades más destacadas incluyen:

- Rutas de senderismo en los alrededores o a través del parque.
- Paneles informativos, colocados a lo largos de un sendero, en las cercanías del parque eólico, en los municipios cercanos, etc.
- Centros de interpretación, a fin de ofrecer información sobre las energías renovables, en concreto la energía eólica y dar a conocer sus potenciales en general, especialmente aquellos beneficiosos para el medio ambiente.
- Talleres y charlas divulgativas en centros educativos, de formación, o de interés general.

Existen muchas otras actividades a convenir con los organismos públicos y habitantes del entorno del parque, especialmente en aquellos casos en los cuales se obtenga un beneficio económico para la zona.

7. Fases de desmantelamiento y restauración ambiental

Una vez finalizado el periodo de vida útil será obligatorio el desmantelamiento de todas las infraestructuras, excepto en aquellos casos en los cuales se le pueda dar al parque un uso alternativo. Es de obligado cumplimiento la restauración ambiental y paisajística de la zona, restableciendo las condiciones iniciales o mejorándolas. En la Figura 12 se muestra el flujo de trabajo a seguir durante la etapa de desmantelamiento y restauración ambiental de un parque eólico terrestre.

Es recomendable que la restauración sea ejecutada en un plazo máximo de un año desde la finalización de la explotación, incluyendo el desmantelamiento de las infraestructuras. Con el paso del tiempo se incrementa el riesgo de degradación, pérdida de suelo y lavado de nutrientes, entre otros. Todas las actividades a realizar deberán ser notificadas a la autoridad competente, en este caso a la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

7.1. Repotenciación y prolongación de vida útil

Una vez completada la vida útil del proyecto de energía eólica, cabe la posibilidad de prolongar el periodo de explotación cuando el estado de las infraestructuras y el estado ambiental lo permitan.

Por otro lado, existe la opción de repotenciar el parque eólico. Esta acción consiste en la renovación de equipos, adaptación o sustitución por otros mejorados, que permitan incrementar la producción y rentabilidad energética con un menor número de aerogeneradores, lo que no quiere decir que el parque eólico tenga una menor afección. Existen ciertos obstáculos legales y ambientales que condicionan el proceso de repotenciación.

En el estudio [22] se propone un análisis multicriterio para la repotenciación de un parque eólico, así como las ventajas e inconvenientes de su metodología. En algunos casos se considera más rentable la repotenciación si se compara con la construcción de uno nuevo [16]. Esta opción será tenida en cuenta cuando las consecuencias ambientales sean menores

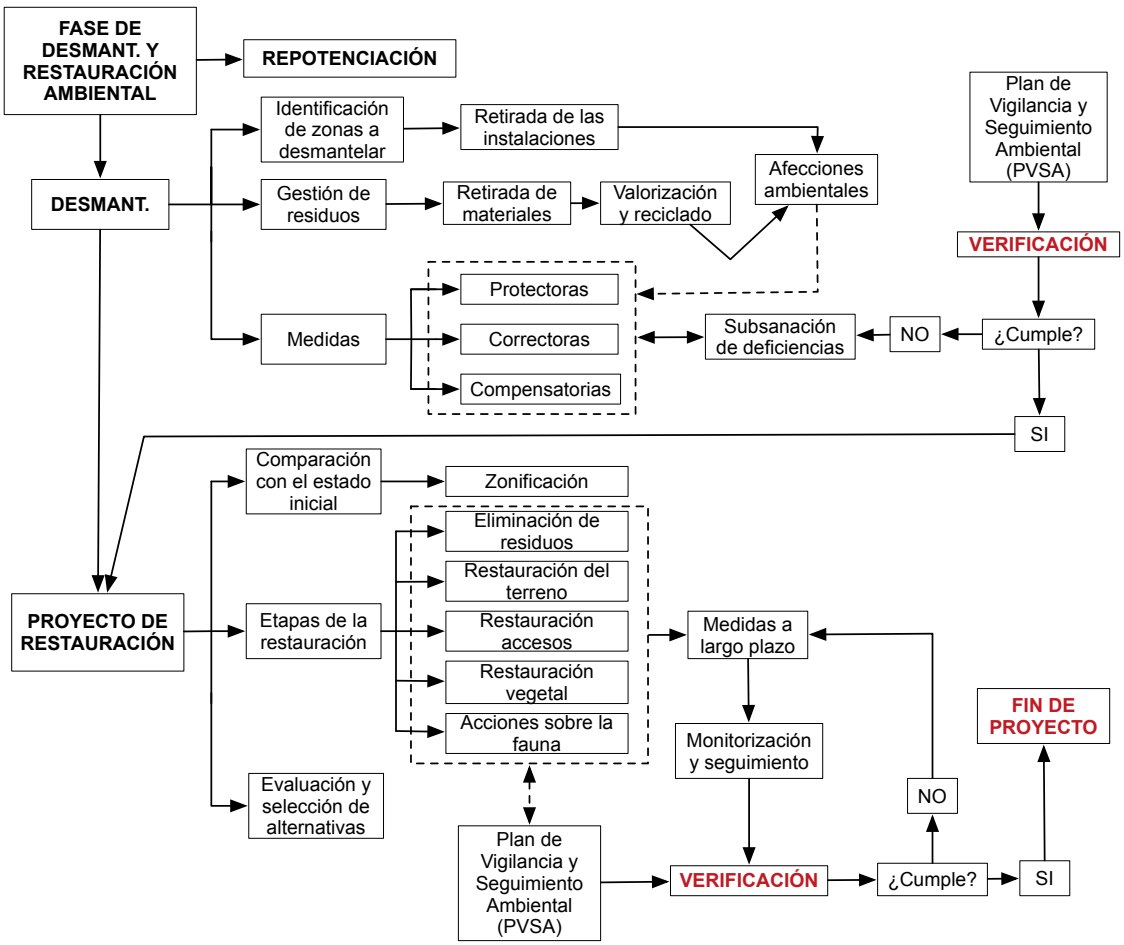


Figura 12: Organigrama para la fase de desmantelamiento y restauración ambiental.

que las generadas por un nuevo parque eólico o cuando la repotenciación no suponga un elevado impacto o aumento de este.

La repotenciación de parques eólicos permite mejorar la eficiencia y eficacia, la respuesta a huecos de tensión, el aprovechamiento del recurso eólico y el número de aerogeneradores necesarios. Es posible generar la misma potencia minimizando la ocupación de terreno y mejorando los niveles de ruido, sin embargo, puede producir mayores impactos sobre la avifauna al incrementarse la ocupación de cielo, siendo necesario un estudio detallado de los ecosistemas modificados por el parque eólico actual y cómo se verían afectados tras la repotenciación.

Tanto en el caso de alargar la vida útil como el caso de repotenciar un parque, es necesario realizar un nuevo estudio del impacto ambiental, ya que cambian las condiciones, requisitos de proyecto, el tipo de sistema y las afecciones que se puedan generar sobre el medio.

Se recomienda tener en cuenta todas las consideraciones recogidas en este documento

para realizar la correcta evaluación y seguimiento ambiental del nuevo proyecto, así como la denegación de la posibilidad de repotenciación o prolongación de la vida útil en aquellos casos en los cuales sea ambientalmente insostenible.

7.2. Desmantelamiento

7.2.1. Introducción

El proceso de desmantelamiento consiste en la retirada íntegra de los elementos, estructuras, materiales y todos los componentes del parque. Las alteraciones sobre el medio generadas durante serán similares a las producidas en la fase de construcción, debido el uso de maquinarias y actividades de intrusión sobre el terreno.

7.2.2. Plan de desmantelamiento. Identificación de las zonas a desmantelar y restaurar

Dentro del plan de desmantelamiento vendrán especificadas todas las fases y medidas, así como las metodologías y el orden cronológico de cada una de ellas. Las principales zonas e infraestructuras a desmantelar se clasificarán en:

- Accesos.
- Plataformas, explanadas y aerogeneradores.
- Emplazamiento de la subestación eléctrica.
- Infraestructura eléctrica, cableado.
- Edificio de control.
- Torres anemométricas.

En cada una de las zonas se eliminarán las infraestructuras, plataformas, las zonas hormigonadas, etc. Se descompactará el terreno y se usará la tierra vegetal almacenada para rellenar los huecos y esparcirla a lo largo de la superficie intervenida. Tras esta acción se llevarán a cabo las actividades de restauración y revegetación del terreno.

7.2.3. Gestión de residuos

Los residuos generados tendrán una naturaleza variada. La gestión de residuos deberá llevarse a cabo por técnicos especialistas, a fin de conseguir la correcta clasificación y posterior tratamiento de cada uno de los elementos. La metodología e información sobre la gestión general de residuos fue detallada en el apartado 4.3.8.

Se debe prestar especial atención a los aceites y otros líquidos utilizados en el mantenimiento y durante el funcionamiento del parque; dichos líquidos son peligrosos y altamente contaminantes, por lo que su retirada y eliminación será controlada y se evitará el derrame o escape dentro del área del parque.

Además de los elementos del aerogenerador, se demolerán las cimentaciones, las bases de hormigón, etc., que generarán grandes volúmenes de residuos de construcción. Es fundamental llevar a cabo un adecuado plan de reciclado, para ello existen empresas y proyectos encargados del reciclado de las componentes más delicadas y complejas. Un ejemplo son las palas de los aerogeneradores, cuyo reciclado está siendo estudiado en el proyecto LIFE+ BRIO. En caso de existir componentes que no puedan ser recicladas, se llevarán a vertedero o a plantas especializadas.

7.2.4. Medidas protectoras, correctoras y compensatorias

Las medidas serán similares a las recomendadas en el apartado de proyecto de construcción 5, con la diferencia de que en lugar de integrar las infraestructuras, se trata de eliminarlas e interaccionar lo menos posible con el medio.

Todas las componentes ambientales se alterarán en mayor o menor grado, por lo que se aconseja consultar el apartado 4.3 para aplicar las medidas necesarias.

Es recomendable verificar que el proceso de desmantelamiento se ha realizado correctamente y que las intervenciones que han derivado en afecciones se pueden solventar durante el proceso de restauración ambiental. En paralelo al proceso de desmantelamiento se ejecutarán las operaciones de restauración que se describen en el siguiente apartado 7.3.

7.3. Proyecto de restauración

7.3.1. Definición y objetivos

Se conoce como proyecto de restauración al procedimiento y conjunto de acciones a ejecutar sobre un área concreta con el objetivo de reparar y devolver al estado inicial aquellas componentes medio ambientales que se han visto afectadas por agentes externos.

El objetivo principal de un proyecto de restauración es la definición de una serie de procedimientos y operaciones necesarias para paliar aquellas alteraciones y daños ocasionados e intentar reproducir el estado inicial del sistema o mejorarlo en términos ambientales.

Este procedimiento requiere la monitorización y control de las intervenciones realizadas, y en caso de ser necesario, la actuación y mantenimiento a largo plazo, a fin de comprobar su correcta ejecución y conseguir que el sistema se conserve en optimas condiciones.

Las labores de restauración se deben llevar a cabo a lo largo del proyecto, siendo el plan de restauración un proceso dinámico hasta el final de la vida útil y la restauración se encuentre ampliamente avanzada llegado el periodo de desmantelamiento.

7.3.2. Comparación con el estado inicial y evolución del área afectada

A través del estudio realizado inicialmente, con ayuda de la cartografía obtenida (4.2.2.1) y el análisis pormenorizado de cada una de las componentes ambientales, será realizada la comparación entre el estado inicial de la zona y las condiciones en las que se encuentra tras el desmantelamiento de las infraestructuras.

7.3.2.1. Zonificación. Clasificación de áreas afectadas

La clasificación de las zonas a restaurar se hará en base a los siguientes criterios principales:

- Según el tipo de actuación ejecutada sobre ella: trazado de accesos, construcción de infraestructuras auxiliares, instalación de aerogeneradores, etc.
- Según el nivel de afección: identificación y diagnóstico de problemas.
- Según el tipo de restauración: del terreno, de la vegetación, etc.

Una vez catalogadas cada una de las áreas descritas, se procederá a la restauración con la metodología que mejor se adapte a las condiciones del parque en cuestión.

7.3.3. Evaluación y selección de alternativas

Al igual que en el caso del proyecto general, a la hora de plantear un proyecto de restauración se valorarán distintas alternativas a nivel técnico, económico y ambiental, predominando la opción que repare por completo y recupere el estado ambiental inicial.

Un proyecto de energía eólica no será aprobado, bajo ningún concepto, si no se ha realizado previamente un adecuado plan de restauración ambiental que asegure su retorno al estado inicial.

7.3.4. Etapas de la restauración

A continuación se describen las principales etapas de una restauración "tipo" para un parque eólico. Muchas de ellas se podrán realizar en paralelo o serán optativas en caso de no haberse visto afectado el componente en cuestión.

- Eliminación de restos de residuos. Esta operación será necesaria en el caso de que no se haya eliminado al 100 % durante el desmantelamiento, o cuando se haya contaminado parte del área del parque y sea necesario aplicar tratamientos específicos.
- Restauración del terreno. Dentro de la cual se incluyen:
  - Descompactación.
  - Nivelación.
  - Restauración edáfica.
  - Reutilización de tierra vegetal almacenada en el proceso de construcción.
  - Acondicionamiento de taludes.
- Restauración de accesos. Parte de los accesos serán restituidos con las intervenciones descritas en el apartado anterior.
- Restauración vegetal. Dentro de la cual se incluyen:

- Tratamientos selvícolas.
- Repoblación: selección de especies autóctonas, ejecución de siembras y plantaciones, control de especies invasoras, etc.
- Selección de tratamientos sobre la vegetación antes, durante y después de la repoblación.
- Operaciones de mantenimiento a largo plazo.

- Operaciones sobre la fauna: repoblación de especies, instalación de bebederos y áreas de descanso, etc.

Como etapa final de restauración será programado un plan de monitorización de las actuaciones realizadas, que incluya una rutina de seguimiento periódico, un estadillo con las variables a valorar y las directrices a seguir en caso de intervención sobre alguna de las componentes.

Existen muchas otras medidas protectoras, correctoras y compensatorias que se recogieron en el apartado de componentes ambientales 4.3 y pueden ser consultadas en trabajos específicos de restauración ambiental [8] [51].

Referencias

[1] (2012). *Guía de contaminación acústica*. Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente.

[2] Aitken, M., Banta, R., Pichugina, Y., and Lundquist, J. (2014). Quantifying wind turbine wake characteristics from scanning remote sensor data. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 31(4):765–787.

[3] Álvarez, C. (2006). Manual de energías renovables-energía eólica.

[4] Atienza, J. C., Martín Fierro, I., Infante, O., Valls, J., and Domínguez, J. (2012). Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 3.0). *SEO/BirdLife, Madrid*.

[5] Banta, R., Pichugina, Y., Brewer, W., Lundquist, J., Kelley, N., Sandberg, S., Alvarez II, R., Hardesty, R., and Weickmann, A. (2015). 3d volumetric analysis of wind turbine wake properties in the atmosphere using high-resolution doppler lidar. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 32(5):904–914.

[6] Barrie, D. and Kirk-Davidoff, D. (2010). Weather response to a large wind turbine array. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10(2):769–775.

[7] Besnard, F. and Bertling, L. (2010). An approach for condition-based maintenance optimization applied to wind turbine blades. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 1(2):77–83.

[8] Bradshaw, A. D., Cairns Jr, J., Hobbs, R., MacDonald, D. W., Moorhouse, T. P., Enck, J. W., Gray, A., Whisenant, S. G., Labadz, J. C., Butcher, D. P., et al. (2002). Handbook of ecological restoration.

[9] Bruderer, B. and Boldt, A. (2001). Flight characteristics of birds. *Ibis*, 143(2):178–204.

[10] Byon, E., Ntaimo, L., and Ding, Y. (2010). Optimal maintenance strategies for wind turbine systems under stochastic weather conditions. *IEEE Transactions on Reliability*, 59(2):393–404.

[11] Cáceres, F., Romero, D., Guerrero, J. J., Ghislanzoni, M., Giménez de Azcárate, F., and Moreira, J. M. (2014). Parametrización numérica de las relaciones visuales del territorio: el sistema de visibilidad de andalucía. rediam.

[12] Cano, R., López, F., Cofiño, A., Gutiérrez, J., and Rodríguez, M. (2001). Aplicación de métodos de clasificación al downscaling estadístico. In *Actas del V Simposio Nacional de Predicción. Instituto Nacional de Meteorología*, pages 235–240.

[13] Chamorro, L., Arndt, R., and Sotiropoulos, F. (2011). Turbulent flow properties around a staggered wind farm. *Boundary-Layer Meteorology*, 141(3):349–367.

[14] Chamorro, L. and Porté-Agel, F. (2009). A wind-tunnel investigation of wind-turbine wakes: boundary-layer turbulence effects. *Boundary-layer meteorology*, 132(1):129–149.

[15] Christensen, T., Hounisen, J., Clausager, I., and Petersen, I. (2004). Visual and radar observations of birds in relation to collision risk at the horns rev offshore wind farm.

[16] Colmenar-Santos, A., Campíñez-Romero, S., Pérez-Molina, C., and Mur-Pérez, F. (2015). Repowering: An actual possibility for wind energy in spain in a new scenario without feed-in-tariffs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41:319–337.

[17] Cryan, P., Gorresen, P., Hein, C., Schirmacher, M., Diehl, R., Huso, M., Hayman, D., Fricker, P., Bonaccorso, F., Johnson, D., et al. (2014). Behavior of bats at wind turbines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(42):15126–15131.

[18] Dai, K., Bergot, A., Liang, C., Xiang, W., and Huang, Z. (2015). Environmental issues associated with wind energy–a review. *Renewable Energy*, 75:911–921.

[19] De euroPa, C. (2000). Convenio europeo del paisaje. *Florencia, Italia*.

[20] De Lucas, M., Ferrer, M., and Janss, G. (2012). Using wind tunnels to predict bird mortality in wind farms: the case of griffon vultures. *PloS one*, 7(11):e48092.

[21] De Lucas, M., Janss, G., Whitfield, D., and Ferrer, M. (2008). Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance. *Journal of applied ecology*, 45(6):1695–1703.

[22] Del Río, P., Silvosa, A. C., and Gómez, G. I. (2011). Policies and design elements for the repowering of wind farms: A qualitative analysis of different options. *Energy Policy*, 39(4):1897–1908.

[23] Díaz-Mendoza, C. (2011). Alternatives for erosion control by using conventional coverage, non-conventional coverage and revegetation. *Ingeniería e Investigación*, 31(3):80–90.

[24] Ding, F. and Tian, Z. (2012). Opportunistic maintenance for wind farms considering multi-level imperfect maintenance thresholds. *Renewable Energy*, 45:175–182.

[25] Erickson, W., Johnson, G., Strickland, M., Young Jr, D., Sernka, K., and Good, R. (2001). Avian collisions with wind turbines: a summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the united states. Technical report, RESOLVE, Inc.(US).

[26] Erickson, W. P., Wolfe, M. M., Bay, K. J., Johnson, D. H., and Gehring, J. L. (2014). A comprehensive analysis of small-passerine fatalities from collision with turbines at wind energy facilities. *PloS one*, 9(9):e107491.

[27] Farfán, M., Vargas, J., Duarte, J., and Real, R. (2009). What is the impact of wind farms on birds? a case study in southern spain. *Biodiversity and Conservation*, 18(14):3743–3758.

[28] Fiedler, B. and Bukovsky, M. (2011). The effect of a giant wind farm on precipitation in a regional climate model. *Environmental Research Letters*, 6(4):045101.

[29] Foote, R. (2010). The wind is blowing the right way for birds. *Renewable Energy Focus*, 11(2):40–42.

[30] Ghislanzoni, M. (2014). Guía de integración paisajística de parques eólicos en andalucía.

[31] Ghislanzoni, M. (2017). Guía procedimental para la evaluación del impacto visual de actuaciones, planes y programas.

[32] González, F., Alcalde, J., and Ibáñez, C. (2013). Directrices básicas para el estudio del impacto de instalaciones eólicas sobre poblaciones de murciélagos en españa. *SECEMU. Barbastella*, 6:1–31.

[33] Hernández Montero, F. E., Ruiz Barrios, M. L., Rodríguez Suárez, J. R., Naranjo, A. R., Gerges, S., and de Miguel, L. J. (2011). Monitoreo por condición a aplicar en parques de turbinas eólicas. *Revista de Ciencia y Tecnología*, (15):17–24.

[34] Huang, H., Capps, S., Huang, S., and Hall, A. (2015). Downscaling near-surface wind over complex terrain using a physically-based statistical modeling approach. *Climate Dynamics*, 44(1-2):529–542.

[35] Jiménez-Portaz, M., Bello-Millán, F., Folgueras, P., Clavero, M., and Losada, M. (2016). Wind flow around a wind turbine system over hilly terrain and its environmental effects: wind tunnel tests. *International Conference on Renewable Energies and Power Quality*.

[36] Jiménez-Romo, J. and Viñas Bosquet, L. (2011). *Guía práctica para la Calificación Ambiental*.

[37] Johnson, D., Loss, S., Smallwood, K., and Erickson, W. (2016). Avian fatalities at wind energy facilities in north america: a comparison of recent approaches. *Human–Wildlife Interactions*, 10:7–18.

[38] Katinas, V., Marčiukaitis, M., and Tamašauskienė, M. (2016). Analysis of the wind turbine noise emissions and impact on the environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58:825–831.

[39] Katsaprakakis, D. (2012). A review of the environmental and human impacts from wind parks. a case study for the prefecture of lasithi, crete. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5):2850–2863.

[40] Keith, D., DeCarolis, J., Denkenberger, D., Lenschow, D., Malyshev, S., Pacala, S., and Rasch, P. (2004). The influence of large-scale wind power on global climate. *Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America*, 101(46):16115–16120.

[41] Keith, S., Feder, K., Voicescu, S., Soukhovtsev, V., Denning, A., Tsang, J., Broner, N., Richarz, W., and van den Berg, F. (2016). Wind turbine sound power measurements. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(3):1431–1435.

[42] Kume, T., Laplace, S., Komatsu, H., and Chu, C. (2015). Transpiration in response to wind speed: can apparent leaf-type differences between conifer and broadleaf trees be a practical indicator? *Trees*, 29(2):605–612.

[43] Lee, S., Lee, D., and Honhoff, S. (2015). Prediction of far-field wind turbine noise propagation with parabolic equation. In *21st AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference*, page 2840.

[44] Lundquist, J. and Bariteau, L. (2015). Dissipation of turbulence in the wake of a wind turbine. *Boundary-Layer Meteorology*, 154(2):229–241.

[45] Martin, G., Portugal, S., and Murn, C. (2012). Visual fields, foraging and collision vulnerability in gyps vultures. *Ibis*, 154(3):626–631.

[46] McCunney, R., Mundt, K., Colby, W., Dobie, R., Kaliski, K., and Blais, M. (2014). Wind turbines and health: A critical review of the scientific literature. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 56(11):e108–e130.

[47] Nathan, R., Horn, H., Chave, J., and Levin, S. (2002). Mechanistic models for tree seed dispersal by wind in dense forests and open landscapes. *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation*, pages 69–82.

[48] Nathan, R., Katul, G., Bohrer, G., Kuparinen, A., Soons, M., Thompson, S., Trakhtenbrot, A., and Horn, H. (2011). Mechanistic models of seed dispersal by wind. *Theoretical Ecology*, 4(2):113–132.

[49] Nicholson, C., Tankersley Jr, R., Fiedler, J., and Nicholas, N. (2005). Assessment and prediction of bird and bat mortality at wind energy facilities in the southeastern united states. *Tennessee Valley Authority, Knoxville, Tennessee*.

[50] Orea, D. (1985). El espacio rural en la ordenación del territorio. *Instituto de Estudios Agrarios, Pesqueros y alimentarios. Madrid, España*.

[51] Roldán Muñoz, J., Saiz Rojo, A., García Obregón, R., et al. (2009). Restauración ambiental de los parques eólicos"la muñeca",çuesta mañeraƈ.ªlconada.ᵉⁿ ampudia palencia. In *Congresos-CARGA FINAL*.

[52] Romero, A., Guerrero, J. J., Ghislanzoni, M., Romero, D., Giménez de Azcárate, F., Cáceres, F., and Moreira, J. M. (2014a). Vulnerabilidad del patrimonio paisajístico ante el apantallamiento visual. una solución basada en los parámetros del sistema de visibilidad de andalucía. rediam.

[53] Romero, D., Guerrero, J., Ghislanzoni, M., Romero, A., Sillero Almazán, J., Giménez de Azcárate, F., Cáceres, F., and Moreira, J. (2014b). Evaluación de la accesibilidad visual

del territorio ante distintas intervenciones a través de la explotación del sistema de visibilidad de andalucía. rediam. In *Actas del XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica*, pages 226–239.

[54] Roy, B., Pacala, S., and Walko, R. (2004). Can large wind farms affect local meteorology? *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 109(D19).

[55] Roy, S. and Traiteur, J. (2010). Impacts of wind farms on surface air temperatures. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(42):17899–17904.

[56] Rücknagel, J., Hofmann, B., Deumelandt, P., Reinicke, F., Bauhardt, J., Hülsbergen, K., and Christen, O. (2015). Indicator based assessment of the soil compaction risk at arable sites using the model repro. *Ecological Indicators*, 52:341–352.

[57] Safi, K., Kranstauber, B., Weinzierl, R., G, L., Rees, E., Cabot, D., Cruz, S., Proaño, C., Takekawa, J., Newman, S., et al. (2013). Flying with the wind: scale dependency of speed and direction measurements in modelling wind support in avian flight. *Movement Ecology*, 1(1):1.

[58] Sánchez-Navarro, S. and Ibáñez, C. (2015). High bat fatality rates at wind farms in southern spain.

[59] Schymanski, S. and Or, D. (2015). Wind effects on leaf transpiration challenge the concept of potential evaporation. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 371:99–107.

[60] Shepard, E., Ross, A., and Portugal, S. (2016). Moving in a moving medium: new perspectives on flight. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 371(1704):20150382.

[61] Shoenfeld, P. (2004). Suggestions regarding avian mortality extrapolation. *Prepared for the Mountaineer Wind Energy Center Technical Review Committee*.

[62] Stull, R. B. (2016). *Practical Meteorology: An Algebra-based Survey of Atmospheric Science*. PhD thesis, University of British Columbia.

[63] Swanwick, C. (2004). The assessment of countryside and landscape character in england: an overview. *Countryside planning: New approaches to management and conservation*, pages 109–124.

[64] Tian, Y. and Cotté, B. (2016). Wind turbine noise modeling based on amiet's theory: Effects of wind shear and atmospheric turbulence. *Acta Acustica united with Acustica*, 102(4):626–639.

[65] Toy, T., Foster, G., and Renard, K. (2002). *Soil erosion: processes, prediction, measurement, and control*. John Wiley & Sons.

[66] Van den Berg, G. (2004). Effects of the wind profile at night on wind turbine sound. *Journal of sound and vibration*, 277(4):955–970.

[67] Wang, C. and Prinn, R. (2010). Potential climatic impacts and reliability of very large-scale wind farms. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10(4):2053–2061.

[68] Wittich, K. and Hansing, O. (1995). Area-averaged vegetative cover fraction estimated from satellite data. *International Journal of Biometeorology*, 38(4):209–215.

[69] Wittwer, A., Loredo-Souza, A., and Camano-Schettini, E. (2002). Simulación de la capa límite para estudios de dispersión atmosférica en túnel de viento. *XXV Reunión de Trabajo de la ASADES, Anais XXV Reunión de Trabajo de la ASADES, Buenos Aires*, 1:10–15.

[70] Zhang, W., Markfort, C., and Porté-Agel, F. (2013). Experimental study of the impact of large-scale wind farms on land–atmosphere exchanges. *Environmental Research Letters*, 8(1):015002.

[71] Zhou, L., Tian, Y., Roy, S., Dai, Y., and Chen, H. (2013). Diurnal and seasonal variations of wind farm impacts on land surface temperature over western texas. *Climate dynamics*, 41(2):307–326.

ANEXOS

A. Procedimiento administrativo

En este anexo se ha recopilado y sintetizado el procedimiento administrativo plasmado en la legislación actual aplicable a parques eólicos en la Comunidad Andaluza.

A lo largo de esta sección se hace referencia a varios apartados del documento, según la adecuación de la información respecto a la solicitada en el proceso administrativo.

A.1. Consultas previas

La fase de consultas previas no es obligatoria en cuanto a proyectos de energía eólica se refiere, sin embargo, es recomendable la entrega de una memoria previa a la administración competente. A fin de agilizar posteriormente el proceso general del proyecto, aportando una visión global al promotor sobre los principios básicos que ha de cumplir, así como las deficiencias que pueda tenerla propuesta inicial.

Tal como especifica el Capítulo II del Decreto 356/2010, la fase de consultas previas constará de tres partes.

A.1.1. Memoria resumen

Según el Artículo 12 del anterior Decreto, el promotor podrá obtener la información necesaria por parte del órgano ambiental competente, a través del modelo de solicitud correspondiente (Anexo VII del Decreto 356/2010) e incluyendo una memoria resumen del proyecto donde aparecerá como mínimo:

1. Promotor del proyecto.
2. Justificación.
3. Características y ubicación. Cartografía de la zona, parques eólicos autorizados próximos al área de estudio. (Sección 4.2)
4. Análisis de la sensibilidad del área, así como las afecciones y los impactos que se prevean en el estudio previo. (Sección 4.3)
5. Análisis de las alternativas principales evaluadas (requisito fundamental). (Sección 4.5)

A.1.2. Consultas

Una vez entregada la memoria resumen, se iniciará un proceso público de consultas a organismos e instituciones públicas, ciudadanos y autoridades científicas, así como a los ayuntamientos afectados y al órgano sustantivo (en caso de haberlo).

A.1.3. Información a la persona o entidad promotora

En un plazo máximo de 20 días, el promotor será informado por parte del órgano ambiental del resultado de las consultas. Se le aportará información a incluir en el estudio de impacto ambiental, así como otros documentos que sean de interés para la solicitud de la Autorización Ambiental Unificada (AAU). A lo largo del procedimiento de solicitud, el órgano ambiental podrá solicitar cualquier otro documento que estime oportuno.

Para más información sobre el procedimiento a seguir en la fase de consultas previas, se recomienda examinar el Decreto 356/2010, de 3 de agosto, por el que se regula la Autorización Ambiental Unificada y la ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integral de la Calidad Ambiental.

A.2. Autorizaciones

A.2.1. Introducción

Una vez definidas las características del proyecto conforme a la información recopilada tras las consultas previas y completada la fase de diseño 4, se dispone de suficiente información para la redacción del proyecto y de la memoria.

Los parque eólicos terrestres que se encuentren dentro del territorio andaluz han de solicitar la AAU. Atendiendo a varios factores serán necesarias otras autorizaciones complementarias.

Se ofrece un resumen orientativo del proceso de autorizaciones para facilitar la concepción integral del proyecto. Se recomienda consultar la legislación vigente (apartado 2) para la subsanación de dudas y para información pormenorizada del procedimiento a seguir.

A.2.2. Identificación de competencias

Atendiendo al número de aerogeneradores, la potencia instalada y el emplazamiento seleccionado, la competencia sobre el informe de evaluación de impacto ambiental recaerá en unos u otros organismos, aunque en su mayoría tendrán que solicitar la AAU como especifica la Ley 7/2007, Ley GICA de Andalucía. En cualquier caso, la resolución del procedimiento de la AAU recaerá sobre la Delegación Provincial de la Consejería competente en materia de Medio Ambiente o la Dirección General de Prevención y Control Ambiental.

Con objetivo de identificar el organismo ambiental y sustantivo correspondiente a cada tipo de parque eólico y según se recoge en la Ley 24/2013 del Sector Eólico, en la Ley 21/2013, de Evaluación Ambiental y en la Ley 7/2007, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, es posible catalogar los diferentes parques eólicos en cuatro grupos:

a) Parques eólicos con potencia instalada superior a 50 MW. Evaluación de Impacto Ambiental competencia del Estado, requerirán la AAU por parte de la Junta de Andalucía.

b) Parques eólicos con más de 50 aerogeneradores, que se encuentren a una distancia inferior a 2 km de otro parque o que tengan más de 10 aerogeneradores y estén

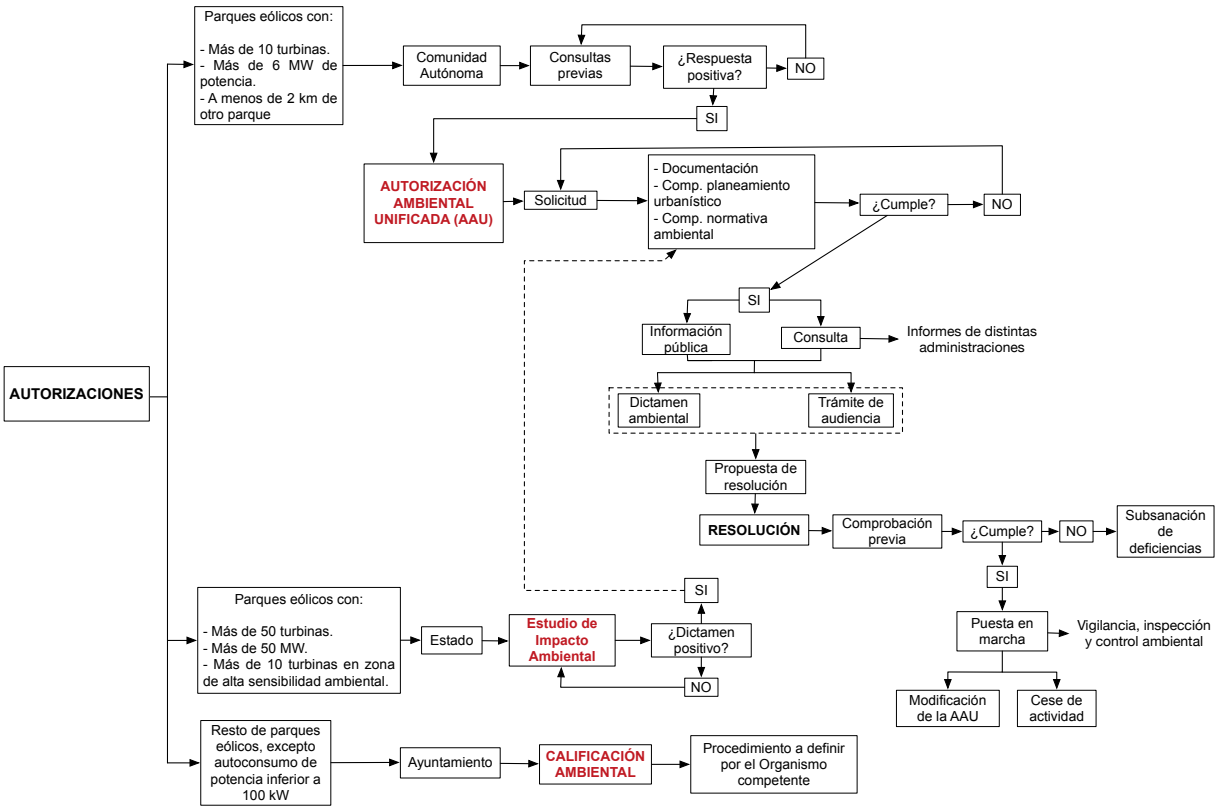


Figura 13: Organigrama para distintos tipos de autorización.

ubicados en una zona sensible en términos ambientales. Evaluación de Impacto Ambiental competencia del Estado, además requerirán la AAU por parte de la Junta de Andalucía.

c) Parques eólicos con más de 20 aerogeneradores, con una potencia instalada mayor a 6 MW o ubicados a menos de 2 km de otro parque. La autorización en su conjunto dependerá de la Junta de Andalucía a través de la AAU.

d) Parques eólicos con una potencia instalada inferior a 100 kW cuya producción de energía está destinada a autoconsumo. La competencia recae en los Ayuntamientos, quienes someterán el proyecto a Calificación Ambiental.

Para una información más detallada se recomienda consultar las leyes mencionadas, especialmente para el caso a).

A.2.3. Autorización Ambiental Unificada (AAU)

Partiendo de la Ley GICA, la Comunidad Andaluza crea la AAU como instrumento de evaluación y prevención de afecciones ambientales por parte de un conjunto de actividades

que se recogen en el Anexo I de dicha ley, entre las cuales se encuentran la mayoría de los parques eólicos tipo. Esta autorización se ha de solicitar de forma previa a cualquier otro documento, sin eximir de solicitar el resto de licencias o autorizaciones que se exijan en el proyecto.

Se someten a la AAU tanto los parques eólicos de nueva construcción, como las modificaciones sustanciales que se realicen a lo largo del proyecto. La AAU establecerá los condicionantes del proyecto de acuerdo con la Declaración de Impacto Ambiental, así como todas las consideraciones en materia de contaminación, seguimiento, control ambiental, comprobaciones y cualquier otro condicionante durante la explotación.

En los siguientes apartados se detalla el procedimiento a seguir para la concesión de la AAU según está estipulado en el Decreto 356/2010.

A.2.3.1. Procedimiento de AAU

El procedimiento extendido de AAU se recoge en el Capítulo III del Decreto 356/2010, aquí se presenta un breve resumen de los pasos a seguir.

Solicitud La solicitud de la autorización ambiental unificada se podrá realizar de forma telemática o de forma presencial e irá dirigida al órgano ambiental competente, según el Artículo 7 del Decreto 356/2010. La solicitud irá acompañada de los siguientes documentos requeridos según la legislación:

Documentación Al documento de solicitud se han de añadir los siguientes documentos, recogidos en el Artículo 16 del Decreto 356/2010.

a) Resumen del proyecto técnico.

b) Documento que acredite la compatibilidad del proyecto con el plan urbanístico.

c) Informe de usos del suelo. (Anexo D.1)

d) Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Documento necesario, debe justificar la compatibilidad con la normativa ambiental vigente; en caso negativo, el órgano ambiental competente podrá parar el procedimiento de autorización. La Figura 14 muestra el organigrama básico para un EIA. La información necesaria para un adecuado EIA se encuentra recogida en la Sección 4.

e) Documentación correspondiente a las autorizaciones sectoriales necesarias.

f) Selección y justificación de los datos confidenciales.

g) Justificante de pago de tasas.

h) Aquellos documentos que el solicitante considere de interés o que el órgano competente solicite durante el periodo de solicitud.

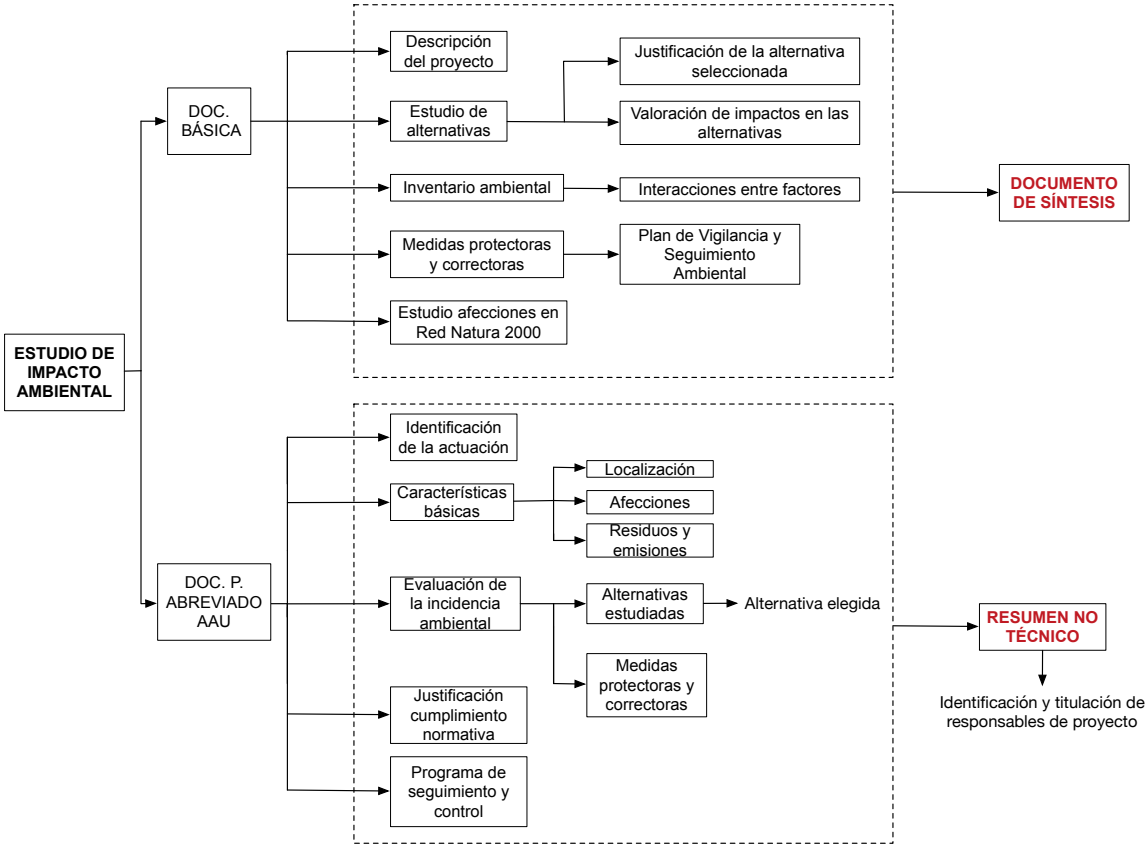


Figura 14: Organigrama para la Evaluación de Impacto Ambiental.

Periodo de información pública y consulta Una vez se haya comprobado toda la documentación y verificado la compatibilidad de proyecto con el resto de normativas, se realizará un proceso de información pública que será publicado en el Boletín Oficial de la Junta de Andalucía (BOJA).

En paralelo al proceso de información pública se abrirá un proceso de consulta, será remitida la información del proyecto y sus documentos adjuntos a todos los organismos afectados, los cuales emitirán los informes que se consideren oportunos.

Tras finalizar este periodo se remitirá un Dictamen Ambiental que englobará el estudio de impacto ambiental junto a los informes y alegaciones emitidas por los organismos.

Audiencia y propuesta de resolución De forma previa a la ejecución de la propuesta de resolución se abrirá un periodo de audiencia, tras el cual se realizará la propuesta de resolución.

Dicha propuesta debe incluir todas las modificaciones aportadas por los organismos y por el dictamen ambiental, que se hará llegar al órgano sustantivo.

Resolución Independientemente de la obtención positiva o negativa, se ha de notificar la resolución en un plazo máximo de ocho meses desde el inicio de la solicitud, excepto en casos excepcionales en los cuales se podrá ampliar hasta diez meses.

El promotor será informado por parte del órgano ambiental competente, además de ser publicada la resolución en el BOJA, en ambos casos.

A.2.3.2. Comprobación y puesta en marcha

Comprobación por parte del órgano ambiental, directa o indirectamente, donde se verificará que se cumplen todos los condicionantes recogidos en la AAU. En caso de no ser así, se emitirá un informe para la subsanación y corrección de las deficiencias detectadas.

Tras la expedición del informe que acredite el cumplimiento de las condiciones de proyecto, se emitirá un acta favorable de puesta en marcha, siendo de obligado cumplimiento la comunicación de la fecha de puesta en marcha, como se detalla en el Capítulo VI del Decreto 356/2010.

A.2.3.3. Vigilancia, inspección y control ambiental

A fin de ejercer un adecuado control ambiental sobre las actividades llevadas a cabo durante la explotación del parque, las Delegaciones Provinciales de la Consejería competente llevarán a cabo las actividades de vigilancia y control periódico. En caso de no cumplir con las condiciones establecidas previamente, se aplicará la sanción conveniente de acuerdo con el régimen sancionador recogido en la Ley de Gestión Integral de la Calidad Ambiental.

A.2.3.4. Cese de actividad

El cese de actividad deberá ser comunicado al órgano ambiental correspondiente, el cual emitirá un informe detallado sobre las condiciones que se han de cumplir en el desmantelamiento del parque, a fin de causar las menores perturbaciones ambientales.

A.2.3.5. Parques eólicos competencia de la Administración General del Estado

En aquellos casos en los cuales la declaración de impacto ambiental deba ser realizada por parte de la Administración General del Estado, se presentará la documentación pertinente ante el órgano sustantivo y en paralelo solicitará la AAU en el órgano ambiental de la Junta de Andalucía, exceptuando la evaluación de impacto ambiental.

Tras un periodo de tramitación e información pública, se incorporará a la AAU un informe emitido por parte de la Administración general del Estado, compuesto por la declaración de impacto ambiental, así como los condicionantes impuestos por dicha entidad.

Este proceso se encuentra detallado y regulado en la Ley 21/2013, de Evaluación Ambiental y en la Ley 7/2007, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.

A.2.3.6. Calificación Ambiental (CA)

Aquellos parques que por sus características precisen de Calificación Ambiental en lugar de AAU, serán competencia de los ayuntamientos, siempre y cuando las actuaciones del

proyecto se extiendan a un único municipio. Serán responsables de la resolución favorable o desfavorable de la autorización, así como de estudiar los efectos ambientales derivados de las actuaciones, la viabilidad ambiental del proyecto y la verificación del cumplimiento de las condiciones impuestas.

El procedimiento de Calificación Ambiental se divide en cuatro fases [36]:

a) Presentación y registro de la solicitud.

b) Información pública y propuesta de Calificación Ambiental.

c) Resolución.

d) Inspección y vigilancia.

Se ha de presentar el proyecto técnico junto con el informe de evaluación ambiental para solicitar la licencia municipal. Para ampliar la información sobre el procedimiento y los requisitos del proceso de Calificación Ambiental, se recomienda consultar la Guía Práctica de Calificación Ambiental de la Junta de Andalucía [36].

B. Definiciones

Las definiciones que se presentan están enfocadas y adaptadas al documento, para aportar el significado más adecuado al contexto en el que se usa.

- Advección. Transporte de calor producido por cambios en la velocidad de viento en la atmósfera, habitualmente asociado al transporte horizontal.
- AEMET: Agencia Estatal de Meteorología.
- Aerogenerador. Infraestructura que extrae la energía cinética del viento y la transforma en energía eléctrica.
- Afección. Efecto que produce una acción o un elemento sobre un objeto o sobre el medio. En estas recomendaciones se habla de afección con carácter negativo, en la mayoría de los casos.
- Agente. Ente que realiza una acción sobre algo o alguien.
- Alternativas de proyecto. Distintos planteamientos y soluciones para cubrir las necesidades de un mismo proyecto.
- Altura de aerogenerador. Distancia entre el punto más bajo de la torre y el punto más alto que alcanzan las palas en su extensión.
- Áreas protegidas. Zonas sensibles desde el punto de vista ambiental y/o con características y valores destacables, los cuales necesitan de una protección especial para asegurar su conservación.
- Autorización Ambiental Unificada. Autorización ambiental de obligado cumplimiento en la Comunidad Andaluza, para aquellas actuaciones señaladas en el Anexo I de la Ley de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental (Ley GICA).
- Balizamiento. Colocación de señales en zonas de peligrosidad o zonas sensibles en términos ambientales.
- Barlovento. Dirección de incidencia del viento, es decir, dirección de la cual proviene el viento.
- Borrasca. Un área de baja presión, o una borrasca, es una región donde la presión atmosférica es más baja que la del aire circundante. Las borrascas se asocian normalmente con vientos fuertes y elevación atmosférica.
- Calificación ambiental. Autorización ambiental de obligado cumplimiento en la Comunidad Andaluza para aquellas actuaciones señaladas en el Anexo I de la Ley GICA.
- Campo de viento. Parte de la atmósfera cercana a la superficie en la cual se caracteriza el flujo de viento por la velocidad media de viento y la intensidad de turbulencia.

- Capa límite Atmosférica. Capa turbulenta de la atmósfera más cercana a la superficie, condicionada por la rugosidad del terreno. Es la capa de mayor importancia en cuanto a fenómenos meteorológicos se refiere.
- Carácter paisajístico: Landscape Character Assessment (LCA), se define como el patrón distintivo y reconocible de elementos que ocurren consistentemente en un tipo particular de paisaje [63].
- Cese de operatividad. Periodo de tiempo en el cual se interrumpe el funcionamiento habitual de la explotación, ya sea de forma temporal o definitiva.
- Clasificación temporal. Clasificación en función del periodo de tiempo en el que se enmarque la acción u objeto de estudio, ya sea a medio, corto o largo plazo, diario, anual, etc.
- Componentes ambientales. Integrantes del medio ambiente susceptibles de afección por parte de agentes externos o del propio medio.
- Conducción. Transporte de calor asociado al movimiento de las moléculas y choque entre ellas. Forma habitual de transporte en superficie.
- Condicionantes de proyecto. Conjunto de factores intrínsecos o externos que van a limitar el alcance o actividades de un proyecto determinado.
- Condicionantes de trabajo. Conjunto de factores intrínsecos o externos que restringen el desarrollo del trabajo, ya sea a nivel temporal, espacial, etc.
- Contaminación acústica. Tipo de contaminación derivada del ruido generado por agentes naturales o humanos. Caracterizada por su elevado nivel sonoro o por su persistencia a lo largo del tiempo.
- Contaminación atmosférica. Se produce por partículas de polvo u otros contaminantes que llegan a la atmósfera por diferentes vías.
- Contaminación lumínica. Este tipo de contaminación es notable durante las horas nocturnas, procedente de focos de iluminación inadecuados o al instalar dispositivos de iluminación en lugares sensibles o donde no existía previamente luz artificial.
- Convección. Transporte de calor producido por la diferencia de temperatura entre capas de la atmósfera.
- Demanda de energía. Necesidad de suministro energético por parte de la población, industrias, etc. La demanda de energía es variable y dependerá de diversos factores.
- Desbrozar. Acción de eliminar vegetación de un terreno.
- Desmantelamiento. Eliminación de infraestructuras y restauración del medio, en este caso el periodo de desmantelamiento engloba la retirada de los aerogeneradores y demás infraestructuras del parque y su consiguiente restauración ambiental.

- Ecosistema. Sistema formado por el conjunto de seres vivos y su entorno, así como los procesos de interacción entre ellos.
- Edafología. Ciencia que estudia la composición del suelo y su interacción con el medio.
- Eficiencia energética. Medidas llevadas a cabo para la reducción del consumo de energía.
- Energía renovable. Energía procedente de recursos naturales ilimitados, con bajo nivel de contaminación e impacto ambiental.
- Entorno ambiental. Conjunto de factores físico-químicos, bióticos y humanos que componen el medio.
- Erosión. Proceso de extracción de suelo como resultado de la modificación morfológica de los contornos por la acción de los procesos geológicos exógenos, tales como las corrientes superficiales de agua, el oleaje y otras oscilaciones del mar, el viento, los cambios de temperatura o la acción de los seres vivos.
- Escalas de variación. Distintos niveles dentro de los cuales puede cambiar una acción, objeto, propiedad, etc.
- Especie. Conjunto de individuos con características y propiedades iguales o parecidas.
- Estabilidad atmosférica. Hablamos de estabilidad atmosférica cuando una parcela de aire sufre un desplazamiento que la devuelve a su origen.
- Estación meteorológica. Sistema de medición de variables atmosféricas, como puede ser velocidad de viento, precipitación, etc.
- Estela. Rastro en el aire o en el agua que deja tras de sí un objeto en movimiento.
- Evapotranspiración. Fenómeno conjunto producido por la evaporación de agua desde la superficie terrestre y la transpiración por parte de las plantas hacia la atmósfera.
- Evapotranspiración potencial. Es aquella que se produciría en condiciones óptimas.
- Explotación. Acción mediante la cual un sistema ejerce la actividad para la cual ha sido diseñado y construido. En el caso de un parque eólico, el periodo de explotación se corresponde con el tiempo generación de energía por parte de los aerogeneradores.
- Fetch. Longitud ininterrumpida de la superficie del mar a través de la cual la acción del viento puede generar oleaje.
- Flujo de calor latente. Flujo de energía que origina el cambio de estado de un fluido sin que se produzca cambio de temperatura.
- Flujo de calor sensible. Flujo de energía que origina un cambio de temperatura en un fluido sin afectar a su estado.

- Flujo de momento. Flujo de energía generado por la fuerza de fricción sobre una parcela de aire en contacto con la superficie.
- Fragmentación. Rotura del objeto o sistema en cuestión, en este caso se aplica a la rotura o desintegración que sufre el terreno.
- Frecuencia. Número de veces durante un periodo de tiempo en las cuales aparece una afección o alteración sobre un componente específico.
- Jalonado. Colocación de vallas y otros elementos protectores, de origen natural o artificial, a fin de proteger una zona en concreto.
- Impacto ambiental. Alteración positiva o negativa producida por agentes o actividades sobre el medio, habitualmente de origen humano, viéndose intervenidos uno o varios componentes ambientales, así como la componente socio-económica.
- Inestabilidad atmosférica. Hablamos de inestabilidad atmosférica cuando una parcela de aire sufre un desplazamiento vertical que la aleja de su origen.
- Medio biótico. Parte del medio compuesta por seres vivos.
- Medio físico. Componentes físicos del entorno, donde se engloba la geología hidrología, meteorología, etc.
- Mesoescala. La mesoescala en Meteorología estudia los sistemas cuyo tiempo atmosférico presenta menor escala que la sinópica meteorológica, pero mayor que la microescala y la escala de tormenta de los sistemas de nubes cúmulos. Sus dimensiones horizontales generalmente oscilan entre decenas a varios centenares de km. Ejemplos de sistemas de mesoescala meteorológica son las brisas de mar.
- Mitigar. Acción o medida para la reducción o compensación de los efectos negativos producidos sobre el medio o alguno de sus componentes.
- MODIS. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer.
- Monitorización. Seguimiento y valoración de los cambios producidos sobre el medio durante un periodo de tiempo determinado. Procedimiento realizado en diversas situaciones, principalmente cuando se quiere evaluar una intervención o la evolución de un impacto.
- NDVI. Indice de vegetación de diferencia normalizada, usado para evaluar la vegetación a partir de sensores remotos.
- Nicho ecológico. Hábitat en el que conviven diferentes especies, con distintas ocupaciones espaciales y aprovechamientos de los recursos del medio.
- Órgano ambiental. Órgano de la administración con competencias en términos ambientales, como la evaluación del impacto ambiental.

- Órgano sustantivo. Órgano de la administración cuya competencia es la aceptación de aquellos proyectos que se han sometido a la evaluación de impacto ambiental.
- Paisaje. Conjunto de elementos que se aprecian visualmente desde un punto determinado, siendo resultado de la interacción entre los humanos y el medio natural. La percepción y descripción del paisaje es muy subjetiva y dependerá en gran parte del individuo.
- Patrimonio histórico-cultural. Conjunto de objetos con valor intrínseco o adquirido, ya sea a nivel histórico, arqueológico o cultural.
- Parada operativa. Corto periodo de tiempo durante el cual se detiene la actividad y la producción del sistema.
- Parque eólico. Conjunto de aerogeneradores agrupados con el fin de aprovechar el potencial eólico de un área y convertirlo en energía eólica.
- Población. Conjunto de individuos de una misma especie que habitan en un lugar determinado.
- Potencial eólico. Cantidad de energía que puede ser extraída de una masa de aire en movimiento.
- Presión de vapor. Presión ejercida por un fluido gaseoso sobre un fluido sólido o líquido, estando ambos en equilibrio a una temperatura determinada.
- Probabilidad de ocurrencia. Probabilidad de excedencia de un valor del agente en un intervalo de tiempo.
- Punto de rocío. Temperatura de saturación, a presión constante, a la cual comienza la condensación del agua en el aire.
- Radiación. Propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material.
- Reversibilidad. Capacidad de volver al estado inicial, en el caso de un componente ambiental, capacidad de volver a su estado natural después de una alteración.
- Sedimentación. Generación de material suelto, o en suspensión en caso de tratarse de un medio hídrico, debido a la perturbación del terreno por parte de agentes externos.
- Servidumbres aeronáuticas. Zonas de seguridad para operaciones de aeronaves.
- Sinergia. Afección provocada por dos actividades que al interaccionar provocan un impacto mayor que la suma de sus afecciones por separado.
- Sombras intermitentes. Reflejos y sombras generadas por el movimiento giratorio de las palas del aerogenerador.

- Sostenibilidad ambiental. Interacción entre el medio humano y el natural sin que se generen afecciones del primero sobre el segundo, sino que se consigue un estado de equilibrio.
- Sotavento. Dirección a la que se dirige el viento, opuesta a la dirección de barlovento.
- Túnel de viento de capa límite. Instrumentación para obtener las series temporales de las variables instantáneas y básicas del viento. Los resultados dependen de la correcta modelación en el túnel de la capa limite turbulenta.
- Turbulencia. Movimiento de un fluido producido por los cambios desordenados en la velocidad y dirección de viento.
- Viabilidad de proyecto. Probabilidad de llevar a cabo el proyecto respetando las características y condiciones que lo definen.
- Vida útil. Periodo de tiempo durante el cual una infraestructura o sistema cumple adecuadamente con las funciones para las cuales fue diseñado.
- Zonas de exclusión. Áreas con elevada sensibilidad desde el punto de vista ambiental o que presenten características que obstaculicen o hagan impracticable la actividad proyectada.
- Zonificación. División de un área de interés en zonas, ya sea por sus características físicas, ambientales, por el tipo de acción a llevar a cabo dentro de cada una de ellas, etc.

C. Bases de datos

En este anexo se han recogido bases de datos y metodologías para obtenerlos. Este apartado se ve complementado con el anexo D, en el cual se proponen diversas fuentes de datos de gran utilidad para proyectos de energía eólica.

C.1. Capa Límite Atmosférica y Capa Límite Superficial. Campos de viento.

Se dispone de medidas en túnel de viento, tomadas tras el modelo que reproduce la topografía y el aerogenerador "tipo" predominante en la comunidad andaluza. Esta base de datos está compuesta por archivos de texto plano, dentro de los cuales la información principal de interés viene dada por las variables: velocidad media de viento en dos componentes direccionales e intensidad de turbulencia para dichas componentes.

Todos los datos se tomaron para el caso de capa límite, incluyendo la topografía y para el caso de capa límite con topografía y modelo de aerogenerador incluidos.

C.2. Transformación atmosférica (downscaling)

En los últimos años se han desarrollado numerosas técnicas numéricas y estadísticas para la predicción de datos de viento, por la necesidad de conocer variables como la velocidad, la dirección y el potencial, necesarias en la gestión y planificación de parques eólicos. Caracterizar el clima de viento local, así como evaluar el potencial de viento de los distintos emplazamientos con características idóneas para la instalación de un parque eólico, requiere del reanálisis a corto y largo plazo del clima cerca de la superficie.

Los datos atmosféricos procedentes de reanálisis de datos globales climatológicos y demás información de clima local, procedentes de bases de datos D.2, son usados para la construcción de modelos o análisis estadísticos que permitan la obtención de datos a una escala menor y una mayor resolución. El producto de reanálisis consta de una serie de datos meteorológicos históricos y simulaciones realizadas con el objetivo de construir una malla regular a diferentes escalas espaciales, así como a diferentes alturas. Estos son conocidos como Modelos de Circulación Global (MCG).

Partiendo de datos locales y globales y usando una técnica adecuada de transformación (downscaling), es posible reconstruir la serie de datos en el intervalo de tiempo para el cual no existe información. Existen dos técnicas de transformación climática (downscaling) que permiten transferir y transformar datos climáticos de una escala a otra: la transformación estadística, la transformación dinámica, y una tercera que combina ambos métodos.

- Transformación estadística. Relaciones estadísticas entre datos globales y locales, a través de relaciones empíricas y modelos lineales o no lineales [34], como puede ser el método de análogos, usado habitualmente [12]. El objetivo es conseguir un año sintético representativo para un largo periodo de tiempo. Requiere datos históricos a largo plazo.

- Transformación dinámica. Simulaciones numéricas que dependen de los datos iniciales procedentes de los modelos climatológicos globales y de las condiciones de contorno.

Permite obtener resultados más detallados, siendo muy costoso computacionalmente.

- Transformación híbrida. Aplicación de simulaciones numéricas a un subconjunto de los datos iniciales, usando la relación entre las diferentes escalas para reconstruir el conjunto total de datos. El método híbrido permite la obtención de un modelo mejor de predicción.

En la figura 15 se muestra un esquema del proceso a seguir en la obtención de datos de viento para una localización específica, dependiendo de los datos de partida disponibles.

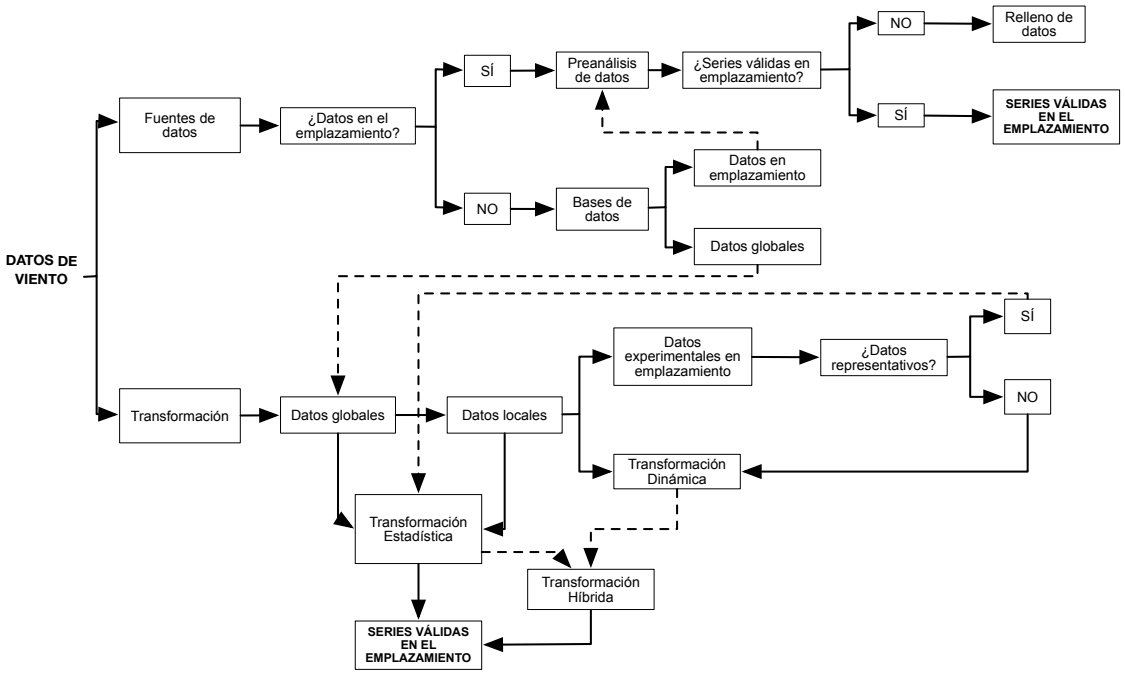


Figura 15: Organigrama del proceso de transformación de datos de viento (downscaling atmosférico).

Usando esta técnica de transformación es posible conocer los campos de viento en cada uno de los puntos del parque eólico en cuestión y de las zonas contiguas. Esto aporta mejores aproximaciones del potencial eólico, optimizando el funcionamiento de las infraestructuras al seleccionar la ubicación idónea, así como la gestión íntegra de las infraestructuras.

C.3. Especies de aves

Para el caso de las especies de aves, se construyó una base de datos a partir de la información proporcionada por la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, donde se recogen los patrones de mortalidad del alimoche (*Neophron precnopterus*) y del buitre leonado (*Gyps fulvus*) para los parques eólicos en la provincia de Cádiz.

A fin de llevar a cabo un correcto seguimiento se incluyó la siguiente información: ID, fecha, parque eólico, especie, sexo, edad, estado (muerto/vivo), tipo de aerogenerador y código de incidencia.

Se dispone de una base de datos de seguimiento de buitres leonados, a partir de la información de los emisores GPS - GMS colocados a dichas aves. La base de datos original cuenta con 1.245.000 filas de datos. Este estudio pretende recopilar suficiente información sobre movimientos de buitres leonados para poder realizar a medio plazo modelos predictivos sobre probabilidad de colisión de esta especie con aerogeneradores.

C.4. Especies de murciélagos

Para el caso de las especies de murciélagos, dentro del proyecto se han recogido datos para la provincia de Cádiz a partir de la información proporcionada por el Programa de Seguimiento de Parques Eólicos en la Provincia de Cádiz.

En una base de datos de murciélagos se recomienda incluir la siguiente información: especies, incidencias, riesgo, migración, estado según la directiva de hábitats y estado de conservación.

C.5. Vegetación

Se dispone de datos calculados del índice de vegetación de diferencia normalizada NDVI para distintas fechas y distintas zonas de estudio, para varios tipos de cobertura vegetal y diferentes especies. Para el análisis de la evolución vegetal es recomendable el uso de imágenes procedentes de satélite.

En la base de datos del proyecto se recopiló información de los satélites Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM y Landsat 8 OLI/TIRS, pues permiten extraer información sobre diversas características de la cubierta vegetal del suelo gracias a su resolución espacial y temporal.

Todo esto se complementó con mapas de usos del suelo descargados de la REDIAM.

D. Fuentes de información

Para el caso de Andalucía se recomienda el uso de los datos recopilados en la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM). En su página web se recoge la mayor parte de datos necesarios en la evaluación y seguimiento ambiental de un proyecto de aerogeneradores.

Algunos de los contenidos de la REDIAM, destacables y necesarios durante el proyecto son:

- Ámbitos de especial interés ambiental
- Calidad Ambiental
- Caracterización del territorio
- Indicadores y estadísticas ambientales

- Instalaciones
- Localización geográfica
- Patrimonio natural
- Planes, programas y políticas
- Propiedades, direcciones, edificios y patrimonio histórico
- Recursos naturales
- Riesgos naturales y tecnológicos
- Salud
- Sistemas productivos y usos del territorio
- Sociedad y participación
- Unidades administrativas

Además de toda la información anterior, en estas recomendaciones se aportan otras fuentes de información recomendadas y utilizadas.

D.1. Cartográficas

La cartografía necesaria a lo largo del proyecto se puede encontrar en las siguientes fuentes de información:

- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Inventarios y cartografía.
- Servicios cartográficos del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Infraestructuras energéticas. Datos Espaciales de Referencia (DERA). Datos espaciales agrupados en diferentes capas de datos geográficos, en las cuales se engloban las infraestructuras energéticas de Andalucía.
- Cartografía topográfica y Bases de datos geográficas. Instituto Geográfico Nacional. Mapas y bases de datos de la topografía y geología nacional, para distintas escalas de resolución. Entre ellos destacan los mapas de usos del suelo, los mapas de elevaciones, las fotos aéreas e imágenes satélite, etc.
- Sistema de Información Cartográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC). Permite visualizar parcelas que contengan información agrícola y ganadera, a fin de facilitar el acceso a la información y agilizar los trámites administrativos.
- The Wind Power. Es una base de datos de parques eólicos y aerogeneradores a nivel mundial. Se recogen con gran detalle los emplazamientos, tipos de aerogeneradores, empresas y dueños de las explotaciones de energía eólica a nivel mundial.

D.2. Meteorológicas

Actualmente se encuentra disponible una amplia variedad de fuentes de datos gracias a la rápida proliferación en el estudio de este campo. Destacan:

- Bases de datos locales.
  - Organización Meteorológica Mundial. Datos meteorológicos procedentes de los 184 estados miembros que componen la organización. Con esta cooperación se consigue una mayor disponibilidad e intercambio de datos meteorológicos, así como facilidad de acceso a través de internet.
  - Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). A través de su página web se tiene acceso al catálogo de datos abiertos, con una amplia variedad de información dentro de la cual destacan, entre otros:
    - Valores climatológicos normales 1981 - 2010.
    - Valores extremos absolutos.
    - Atlas radiación solar.
    - Atlas climático de España y Portugal
- Bases de datos globales.
  - European Center for Medium-Range Weather Forecast (ERA).
  - National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).
  - European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF).
  - Japan Meteorological Agency (JMA).
  - Modern Era Reanalysis and Applications (MERRA). JRA-25/JCDAS.

D.3. Energéticas

- Mapa eólico nacional. Centro Nacional de Energías Renovables.
- Atlas Eólico de España. Instituto para Diversificación y Ahorro de la Energía.
- Mapa de recurso eólico de Andalucía. Agencia Andaluza de la Energía. Información cartográfica georreferenciada con geometría puntual de localización de los parques eólicos en la región. Datos temáticos relativos a los parques eólicos existentes en la comunidad (número de aerogeneradores, año de implantación, marca del aerogenerador, etc.)
- Asociación Empresarial Eólica. Datos temáticos relativos a los parques eólicos existentes en la comunidad.

D.4. Ambientales

Se recomienda la utilización de la Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (GBF), dentro de la cual se encuentra incluida la REDIAM, ya que da acceso a datos de biodiversidad de todo el mundo. A través de portal de datos de biodiversidad se puede obtener información procedente de casi 15 millones de registros y 225 juegos de datos recogidos por 88 instituciones.

Además de las fuentes de datos anteriores, se puede consultar la información perteneciente al Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, por ejemplo la información relativa a Áreas protegidas:

- Espacios Naturales Protegidos, la Red Natura 2000 y las Áreas Protegidas por Instrumentos Internacionales.
- Conservación de la biodiversidad y especies.
- Inventarios nacionales.
- Recursos genéticos.
- Políticas forestales.

Cada uno de estos grupos se encuentran subdivididos en temáticas, ofreciendo un amplio abanico de información.

Especies faunísticas y vegetales

- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Inventarios Nacionales de especies.
- Listado y Catálogo de flora y fauna silvestre amenazada, con presencia regular, de paso u ocasional en Andalucía. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía. Se recogen todas las especies que se encuentran en las categorías de Extintas, En peligro de extinción o Vulnerable y que conforman el Catalogo Andaluz de Especies Amenazadas.

Paisaje

- Sistema Compartido de Información de Paisaje de Andalucía (SCIPA). Se trata de un sistema de datos que recoge información relativa al paisaje andaluz de forma que se encuentre disponible y organizada para todo tipo de usuarios, así como el seguimiento de todas las actuaciones que produzcan alteraciones en el paisaje, con el objetivo de mejorar la gestión integral del sistema.
- Sistema de Visibilidad de Andalucía (SVA). Sistema compuesto por imágenes panorámicas realizadas cada 100 metros, enlazadas de forma que se obtiene la suma

espacial de todas las variables visuales que componen dichos mapas, logrando la continuidad necesaria que permite evaluar el paisaje de forma numérica, objetiva y más detallada.

- Mapas de Paisajes de Andalucía, elaborado por la Consejería de Medio Ambiente y la Consejería de Obras Públicas y Transportes en el año 2005.

D.5. Sociales y culturales

- Sistema de Información del Patrimonio Histórico de Andalucía (SIPHA). Dentro del documento construido se encuentra recogida información general sobre el Patrimonio histórico de Andalucía, así como las siguientes bases de datos:
  - Ciudades históricas.
  - Patrimonio inmueble.
  - Actividades arqueológicas.
  - Actividades etnológicas.
  - Patrimonio inmueble.
  - Documentación gráfica.
  - Información geográfica.