

**MARCO CONCEPTUAL ESPECÍFICO  
PROYECTOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA**

CAF-BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA



Bogotá, D.C.  
Enero de 2017



## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. Definición de las etapas y actividades del proyecto .....	2

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Componentes de un parque eólico .....	1
Figura 2. Etapas en las que se desarrolla un parque eólico .....	3
Figura 3. Sensores y componentes de una instalación meteorológica .....	6
Figura 4. Configuración típica de la cimentación .....	7
Figura 5. Estructura metálica de la cimentación y brida de la torre .....	8
Figura 6. Zanjas y tendido del cable .....	8



## MARCO CONCEPTUAL ESPECÍFICO

### PROYECTOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA

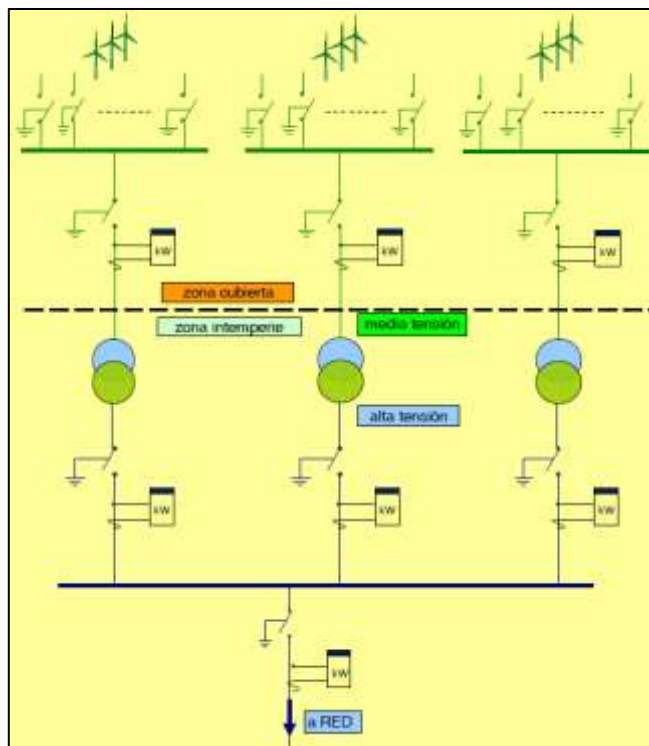
CAF financia todos los proyectos de generación de energía eólica por lo tanto esta Guía aplica a todos los proyectos de este tipo.

A continuación se definen las características de los proyectos de energía eólica, así como los componentes típicos y elementos principales de dichos proyectos, esto con el fin de ofrecer una mejor orientación en relación con las intervenciones necesarias para la gestión del riesgo ambiental y social en este tipo de proyectos.

Un parque eólico es la integración de varios aerogeneradores que se convierte en la unidad de generación eléctrica. Puede estar constituido por uno o varios generadores, incrementando el impacto al aumentar el número de estos. La potencia habitual de los parques eólicos está en el entorno de los 50 megavatios aunque puede llegar a varios cientos.

Normalmente, en un parque eólico, sus componentes se suelen separar entre los aerogeneradores y el BOP, obra civil e infraestructura eléctrica, por corresponder a distintos suministradores. La construcción del parque corresponde al EPCista, terminología inglesa que viene de Engineering, Procurement and Commissioning, habitualmente usada en el sector.

**Figura 1.** Componentes de un parque eólico



**Fuente:** Consorcio INERCO FACTOR, 2016

Se proponen una serie de definiciones habituales en el sector eólico, y necesarias para la gestión ambiental y social de los parques eólicos:

- **Aerogenerador**, es el dispositivo que aprovecha la energía cinética del viento para producir electricidad, aunque también se pueden utilizar para bombear agua a través de bombas de actuación mecánica. La potencia de los aerogeneradores van desde los pocos watios hasta los 8 MW, aunque la tendencia más habitual es entre 2 y 3 MW. Está constituido por las componentes siguientes:
  - Cimentación.
  - Torre, su altura oscila entre los 40 y los 120 m.
  - Góndola o nacelle, donde se encuentran los equipos de transmisión mecánica y generación eléctrica.
  - Rotor constituido por las palas de perfil aerodinámico que aprovechan la energía del viento y el buje donde se encaja. Todos los aerogeneradores modernos tienen tres palas.
- **Parque eólico** es la integración de varios aerogeneradores que se convierte en la unidad de generación eléctrica.
- **Líneas eléctricas internas** del parque eólico son las encargadas de coleccionar la electricidad de los diferentes aerogeneradores para llevarla a la subestación colectora del parque. Normalmente este se configura en diferentes alineaciones de aerogeneradores para evitar que la sección de las líneas internas sean excesivas. Son siempre subterráneas para minimizar precisamente el impacto ambiental.
- **Subestación del parque**, es la encargada de recoger toda la generación eléctrica y elevar la tensión para transportar la electricidad a la red pública de transmisión. Suele estar constituida por el correspondiente transformador y los equipos de operación y maniobra.
- **Línea área de transporte de electricidad**, lleva la electricidad generada por el parque a la red general de transmisión o distribución públicas. Normalmente los parques eólicos se conectan a transporte por encima de los 110 kV, sobre todo si están constituidos por muchas unidades. También es habitual que estas líneas áreas sean compartidas por varios parques próximos.

## 1. DEFINICIÓN DE LAS ETAPAS Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO

El ciclo de vida de un proyecto de energía eólica comprende varias etapas y actividades, es relevante identificar y conocer las actividades que son realizadas como parte del diseño y la ejecución del proyecto -entendido como un agente perturbador o amenaza del territorio receptor- puesto que esto permite hacer explícitos los supuestos de generación de impactos, sobre los que se realiza la planificación y gestión del riesgo ambiental y social de los proyectos.

Los proyectos objeto de esta guía deben tener en cuenta las siguientes características y condiciones:

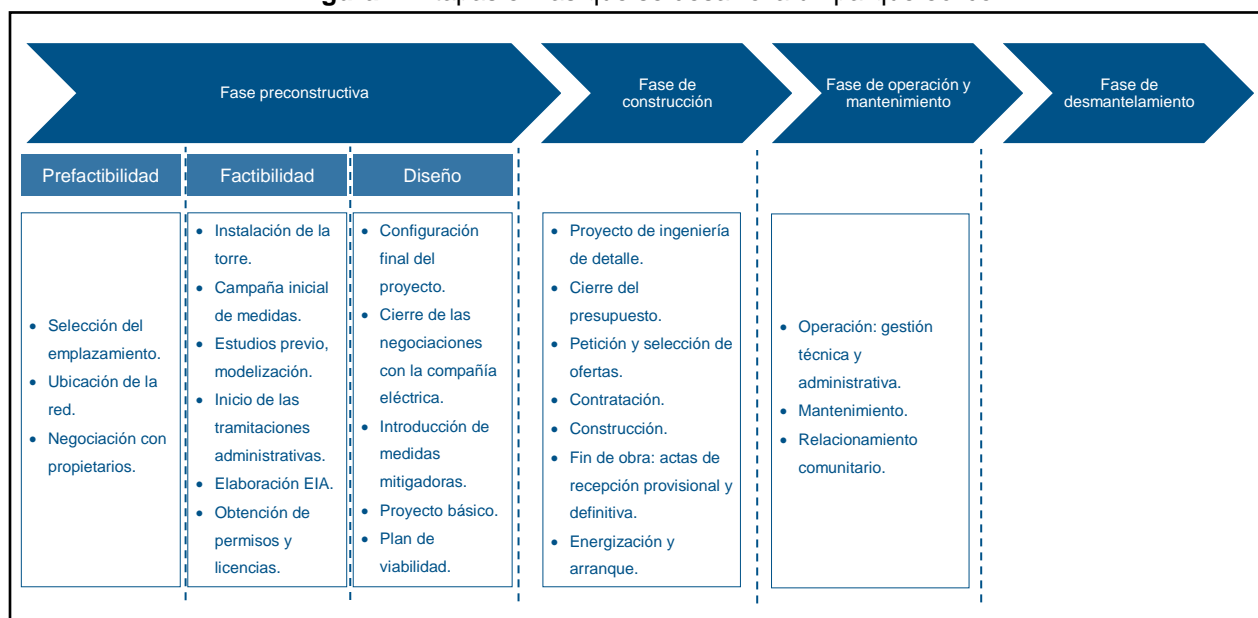
- **Objetivos:** se deben definir claramente los objetivos y metas. Es necesario que se puedan cuantificar y medir mediante indicadores.
- **Ordenamiento de actividades:** todo proyecto debe conservar un orden en las actividades a ejecutar, desde la concepción de la idea hasta su ejecución y puesta en marcha.
- **Localización:** la localización geográfica y espacial debe estar claramente definida.
- **Etapas del proyecto:** delimitación clara de las etapas del proyecto.
- Determinación de los **recursos** para ejecutar el proyecto y su entrada en operación.

En general, el ciclo de los proyectos corresponde a las fases que se cubren en el proceso de transformación de la idea a la solución, en la provisión de bienes o servicios que brindan solución a problemas previamente identificados.

El ciclo de vida de cualquier proyecto se inicia con la identificación de un problema o necesidad a la que se le busca una solución. Considera las siguientes etapas: Prefactibilidad, factibilidad, diseño final, construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento.

La instalación y construcción del parque eólico se desarrolla según las etapas expuestas en la Figura 2, donde se incluyen tanto la duración de cada una de ellas como las principales tareas que se abordan en la promoción del parque eólico.

**Figura 2.** Etapas en las que se desarrolla un parque eólico



**Fuente:** Consorcio INERCO FACTOR, 2016.

Los impactos potenciales se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Impactos potenciales

Actividad	Ambiental	Social
Pre-constructiva: selección del emplazamiento y medidas	Baja	Muy alta
Pre-constructiva: Tramitación administrativa	Baja	Baja
Construcción	Alta	Media
Operación y mantenimiento	Alta	Alta
Desmantelamiento	Alta	Baja

**Fuente:** Ceña, A.

Como en cualquier proyecto de infraestructuras los principales impactos se producen en las fases de construcción y operación del parque eólico, aunque gran parte del impacto social viene condicionado por las fases iniciales del parque eólico, los acuerdos con el entorno y la potencia incidencia en la población indígena en caso de existir.

Dichas etapas son similares para todos los países del mundo, variando la duración en función de la regulación propia, aunque lo más complejo y largo suele ser, precisamente, los estudios de impacto ambiental y social, pues exigen la información pública.

- *Prefactibilidad:* Durante esta etapa se realiza la selección del emplazamiento que debe presentar los niveles de viento suficientes para garantizar la viabilidad técnico-económica del proyecto. El punto de partida suelen ser los mapas de mesoescala, nivel país o región, que se elaboran en base a datos satelitales así como las características del terreno, la información de los habitantes y los indicadores biológicos, fundamentalmente los árboles.

#### EL CASO DE LOS EJIDOS EN MÉXICO:

Gran parte de los terrenos agrícolas en México se desarrollan en régimen de ejidos, con personal jurídica propia y su propiedad pertenece a los ejidatarios, que se regulan por normas comunes y colectivas.

El desarrollo de los proyectos eólicos en el Istmo de Tehuantepec se ha encontrado con algunos conflictos entre los promotores eólicos y los ejidatarios que ha llevado incluso a la paralización de algunos parques eólicos. La experiencia ha mostrado la importancia de:

- Realizar estudios previos que tengan en cuenta la propiedad del terreno y la personalidad de sus propietarios.
- Mantener un flujo de información continuo para evitar posibles errores de interpretación, sobre los beneficios económicos de la instalación de los parques..
- Evitar tratamientos diferenciados
- Transparencia y relaciones con los medios continuas.

- *Factibilidad:* Se inician con la instalación de la torre de medida, los trámites administrativos, obtención de permisos y licencias, plan de viabilidad, evaluación de ofertas y contratación. En esta etapa se selecciona el tipo de aerogenerador y se define su altura para lo que necesario realizar la toma de datos meteorológicos correspondientes y desarrollar una serie



de mediciones del viento a diferentes alturas con la ayuda de anemómetros y veletas, es necesario realizar una medida precisa del viento especialmente importante en muchos países donde la remuneración es a través de subastas del precio final fuertemente condicionadas por el conocimiento preciso del viento. Todo proyecto eólico comienza con una estimación del recurso eólico del lugar donde se estudia instalar el parque.

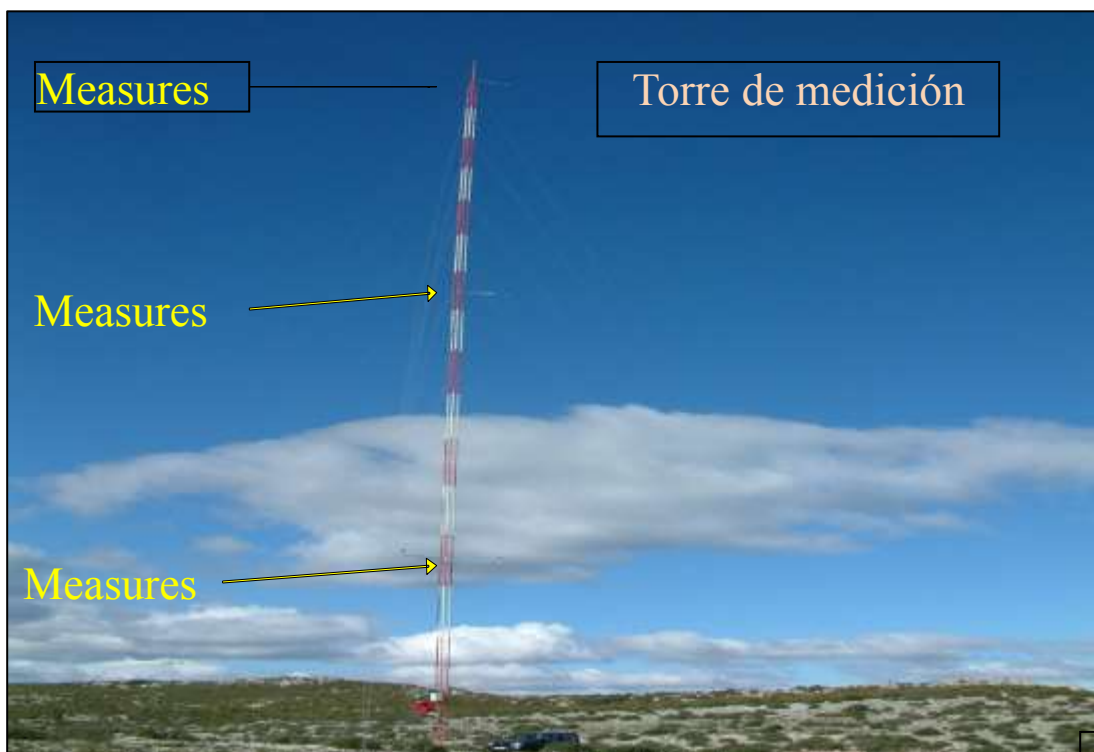
El recurso eólico se caracteriza por los siguientes parámetros: Velocidad, dirección, densidad del aire, turbulencia, componente vertical. La estación meteorológica es, por lo tanto, la encargada de registrar series de datos con información de la velocidad y dirección del viento a distintas alturas del suelo y en distintos periodos de tiempo. Con ello se consigue obtener un registro estacional y anual del viento en el terreno de trabajo, así como el perfil vertical del recurso.

La instalación meteorológica consta de los siguientes equipos:

- Torre: estructura de metal o de cemento donde se instalan los anemómetros o veletas a distintas alturas. La altura de la torre debe ser similar a la altura del buje del aerogenerador o al menos dos terceras partes de la misma.
- Anemómetros: sensores encargados de medir la velocidad del viento. Normalmente se instalan varios dispositivos a distintas alturas para registrar un perfil completo de variación de la velocidad del viento con la altitud.
- Veletas: sensores encargados de medir la dirección del viento. Se suelen instalar más de un dispositivo para prevenir la pérdida de datos en caso de fallo.
- Termómetro: dispositivo encargado de medir la temperatura, la cual está directamente relacionada con la densidad del aire.
- Barómetro: dispositivo encargado de medir la presión, parámetro directamente relacionado también con la densidad del aire.
- Registrador de datos: instrumento encargado de registrar y almacenar los datos obtenidos de cada uno de los sensores.
- Otros: pararrayos, placa solar que sirve como fuente de alimentación del registrador de datos, cables, baliza, conexión a tierra, cimiento, etc.

En la Figura 3 se observa una torre con la instrumentación necesaria para la evaluación del recurso.

**Figura 3.** Sensores y componentes de una instalación meteorológica



**Fuente:** AEE curso de formación.

- *Diseño:* en esa fase se configura el proyecto en función de los estudios geológicos, ambientales y las negociaciones con propietarios y las administraciones locales, así como con la Cía. Eléctrica a la que se va a conectar el parque eólico. Se realiza la ingeniería básica y se incluyen las posibles actuaciones mitigadoras de los posibles impactos ambientales detectados en la Declaración de Impacto Ambiental.
- *Construcción:* Durante esta etapa se inician las obras civiles como los son: vías de acceso al parque eólico y entre aerogeneradores y campas para el acopio, montaje y desmontaje de los aerogeneradores, cimentaciones de los aerogeneradores, zanjas. Adicionalmente, se realiza el transporte de materiales y equipos y se instalan en la zona del proyecto.

Algunos de los trabajos que hay realizar para los caminos y vías de acceso son la limpieza y desbroce del terreno, excavación de la cubierta vegetal, excavación de las pendientes rocosas, relleno con material de excavación, extensión de la capa de zahorra, compactación del terreno, entubado de 80 cm en los cruces con cauces ocasionales, extensión de la capa de sembrado para recuperación de terreno y pendientes, sembrado

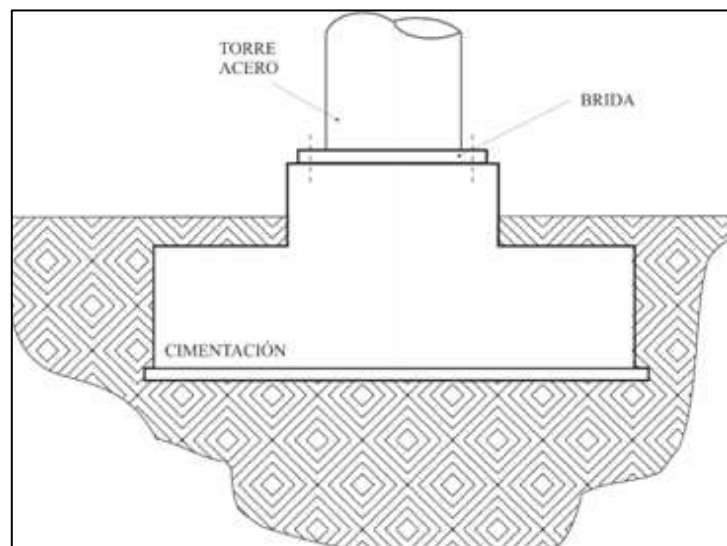
La construcción de los caminos y sobre todo de las campas para el montaje y desmontaje del aerogenerador, incluido el mantenimiento, deben tener la consistencia suficiente durante la vida del parque.

Durante la construcción se realizan actividades de transporte y montaje, estas actividades tienen un impacto ambiental reducido por tratarse de actividades de duración limitada. Por lo general el montaje se hace para un aerogenerador por semana si las condiciones meteorológicas lo permiten, especialmente nieve, lluvia y viento. Por ejemplo las grúas no pueden trabajar si la velocidad del viento supera los 12 m/s lo que por ejemplo hizo que en el Istmo de Tehuantepec se tuviera que trabajar por la noche con el impacto ambiental en la zona y la necesidad de seguridad reforzada.

Por lo que respecta al camino los caminos de acceso al parque tienen que estar accesibles a lo largo del año pues una vez finalizado el transporte inicial es necesario continuar con el trasiego de los equipos de mantenimiento que incluso pueden incorporar grúas para el montaje/desmontaje de grandes piezas.

Las cimentaciones tienen que adaptarse a las características del terreno, aunque la profundidad no suele exceder 2 m.

**Figura 4.** Configuración típica de la cimentación



**Fuente:** Amenedo et al.

**Figura 5.** Estructura metálica de la cimentación y brida de la torre



Fuente: AEE.

Las zanjas permiten la interconexión en Media Tensión de los aerogeneradores así como la fibra óptica para las comunicaciones internas del parque.

**Figura 6.** Zanjas y tendido del cable



Fuente: AEE.

Los camiones son de gran tonelaje, especialmente para la góndola o de configuración adecuada para el transporte de componentes de gran longitud como las palas. En principio las

pendientes no pueden ser superiores al 14% a partir de las cuales es necesaria la pavimentación con cemento o asfalto con el consiguiente impacto ambiental.

La selección de las grúas debe hacerse en función de las cargas a elevar, la altura de elevación de las mismas, características de las grúas existentes en el mercado, la anchura y pendientes de los caminos del parque.

Por lo que se refiere al montaje del parque existen diversos métodos en función del fabricante pero en todos los casos es una operación de riesgo para lo que es necesario tomar todas las precauciones necesarias.

Inicialmente, las componentes (palas, tramos de torre y nacelle) se descargan en la campa preparada o bien directamente desde el camión si está previsto. Es importante disponer de la información sobre las características del aerogenerador, medio ambiente y las restricciones en función de las condiciones atmosféricas. La mencionada campa queda disponible para los mantenimientos correctivos necesarios pudiendo ser necesario su reacondicionamiento si ha pasado un tiempo desde su utilización.

El trabajo del EPCista se termina cuando se inicia el arranque de los equipos y se han realizado los correspondientes controles de final de obra.

- *Operación y mantenimiento:* En esta etapa se realizan las operaciones de ensayo preoperativo, se siguen las directrices de los fabricantes tanto para el aerogenerador como para los otros componentes, fundamentalmente cableados, transformadores y celdas. Si se desea realizar una ampliación del parque eólico, por ejemplo se incrementa la capacidad de evacuación de la red, es necesario también pedir una autorización administrativa para aumentar la potencia.
- *Desmantelamiento:* Existe poca experiencia en lo relacionado con las tareas de desmontaje del parque eólico, pero en gran medida reproducen el montaje para poder reutilizar ya sea el aerogenerador completo o sus componentes principales como piezas de repuesto.

Un aspecto clave es la recuperación del terreno y, en muchos casos, se exige la obtención de un aval bancario que cubra los costes para dejar el terreno en sus condiciones previas a la instalación del parque eólico.

En la Matriz 01 se listan y describen, brevemente, aquellas actividades técnicas principales de un proyecto de energía eólica identificadas como susceptibles de generar alteraciones significativas en el medio físico-ambiental, social e institucional, durante todas las etapas de ejecución, desde el prediseño hasta el desmantelamiento.

- Esta Guía no hace referencia detallada a todas las actividades que pueden estar involucradas en un proyecto de energía eólica, sino exclusivamente a aquellas consideradas como susceptibles de generar impactos en el medio receptor.

- Las sugerencias previstas no sustituyen ni invalidan la planificación del proyecto de acuerdo con las normas técnicas nacionales o internacionales, ni los requerimientos técnicos específicos vigentes y aplicables para cada una de las etapas y actividades de los proyectos de energía eólica.

Este listado debe considerarse como una referencia u orientación al momento de elaborar los estudios y tareas de gestión de riesgo ambiental y social. El listado definitivo de las actividades que se deben considerar puede variar dependiendo de cada proyecto y de las condiciones específicas del medio receptor.