

# CAPÍTULO 3

## Implantación de Parques Eólicos.



### 3.1.- Planificación de un proyecto eólico

El elemento fundamental en la implantación de un parque eólico es la determinación del recurso (la existencia de viento en la zona). Esta estimación para grandes extensiones se desarrolla con el objeto de establecer tanto los recursos disponibles en la región como las mejores áreas de la región. La precisión de la estimación de la producción energética es de crucial importancia, tanto para el promotor del proyecto como para las entidades financieras implicadas, y múltiples factores que pueden afectar a la producción de energía. Los aerogeneradores para funcionar a pleno rendimiento necesitan viento de fuerza y velocidad lo más constante posible, sin cambios bruscos al alza o a la baja.

Hoy en día, este proceso se ha profesionalizado en gran medida, de forma que han entrado a participar en el proceso físicos, matemáticos e ingenieros que disponen de una tecnología muy potente para la optimización de los emplazamientos. De cualquier forma, el proceso sigue teniendo aspectos inciertos, dependiendo de la estructura del mercado eléctrico, el propietario del proyecto o el comprador de la energía pueden obtener beneficios significativos con una predicción precisa de la producción eólica. Las compañías eléctricas con alta penetración eólica en sus redes también precisarán de herramientas de predicción para optimizar la operación de su sistema.

La forma en que tradicionalmente se mide el viento es con un anenómetro y una veleta. Ahora hay programas de computación que pueden modelar a gran escala la velocidad del viento y que incluyen parámetros como la elevación, la topografía y la superficie a cubrir. Estos modelos deben integrarse, tomando en cuenta los valores proporcionados por la estación meteorológica local y algunos otros datos que se hayan levantado relativos al clima y derivarán en una representación gráfica de la velocidad del viento en una altura y área específica y requerirá de algunos ajustes para conocer la predicción de la velocidad del viento en un sitio específico.

Es necesario también realizar todas las tareas encaminadas a obtener las autorizaciones administrativas correspondientes, pero el paso más importante es la obtención del punto de conexión eléctrico del parque. Este elemento es fundamental ya que se precisa una capacidad de evacuación suficiente en una zona que normalmente está deshabitada y lejos de líneas eléctricas de distribución y de transporte.

Los parques eólicos están formados por un conjunto de aerogeneradores que se encuentran conectados a la red de distribución eléctrica general. Son instalaciones de grandes dimensiones que se localizan en lugares donde la velocidad del viento es

adecuada para la rentabilización de las inversiones pues posibilitan la obtención de al menos 1 Megawatt de potencia.

El diseño de los parques eólicos es crítico en relación con la reducción de costos y la aceptación social. La distribución de los aerogeneradores dentro del parque eólico afecta claramente no sólo a la producción de energía, sino también al impacto visual producido y los posibles efectos del ruido en las poblaciones vecinas. Estas instalaciones pueden tener un elevado impacto a escala local debido principalmente a sus grandes dimensiones, la elevada ocupación del territorio y los ruidos que genera su funcionamiento.

Hay que ser cuidadoso en la elección de los emplazamientos intentando afectar lo menos posible a los ecosistemas del entorno y valorando las necesidades reales que queremos cubrir para no sobredimensionar si no es necesario. En lo que se refiere al ruido producido, éste sólo se percibe en la propia instalación y es menor que el de otras instalaciones como las centrales térmicas. Además los parques eólicos se suelen emplazar en zonas no cercanas a núcleos urbanos.



*Ilustración 48. Parque Eólico Horse Hollow Wind Energy Center, Texas.*

*Fuente: [www.insanetwist.com](http://www.insanetwist.com)*

Aunque el impacto ambiental de las instalaciones eólicas es claro, hay que tener también en cuenta que agotada su vida útil, el territorio sufre una regeneración completa, cosa que no ocurre en otro tipo de instalaciones.

Una vez que se han identificado las metas y el sitio del proyecto, es importante llevar a cabo mediciones preliminares que determinen en forma general la categoría

eólica del sitio, técnicamente denominada la Clase de Viento. Se han elaborado mapas eólicos para algunos lugares de México, principalmente para aquellos donde es evidente un potencial aprovechable para parques eólicos.

Las estimaciones exactas de la velocidad del viento son críticas al momento de evaluar el potencial de la energía eólica en cualquier localización. Los recursos eólicos son caracterizados por una escala de clases de viento según su velocidad, que se extiende de la clase 1 (la más bajo) a la clase 7 (la más alta). Los desniveles de la superficie a través de la cual sopla el viento antes de llegar a una turbina determina la cantidad de turbulencia que ésta turbina experimentará. Los vientos turbulentos ejercen mayores tensiones sobre el rotor y se elevan, reduciendo consecuentemente la expectativa de vida de la turbina. Así, la mayoría de los parques eólicos están ubicados en localizaciones rurales, lejos de edificios, de árboles y de otros obstáculos.

Clase	a 30 m de altura		a 50 m de altura	
	Velocidad del viento m/s	Potencia del viento W/m <sup>2</sup>	Velocidad del viento m/s	Potencia del viento W/m <sup>2</sup>
1	0-5.1	0-160	0-5.6	0-200
2	5.1-5.9	160-240	5.6-6.4	200-300
3	5.9-6.5	240-320	6.4-7.0	300-400
4	6.5-7.0	320-400	7.0-7.5	400-500
5	7.0-7.4	400-480	7.5-8.0	500-600
6	7.4-8.2	480-640	8.0-8.8	600-800
7	8.2-11.0	640-1600	8.8-11.9	800-2000

*Tabla 11. Clases de viento*

Mientras que las características técnicas del viento en una localización específica son muy importantes, muchos otros factores también contribuyen en la decisión del emplazamiento. Una localización alejada de la red de distribución eléctrica puede llegar a ser poco rentable, pues se requerirán nuevas líneas de transmisión para conectar la granja eólica con la red. La infraestructura de transmisión existente puede llegar a necesitar una ampliación para poder manejar la fuente de energía adicional. Las condiciones del suelo y del terreno deben ser convenientes para la construcción de las

fundaciones de las torres. Finalmente, la elección de una localización puede estar limitada por regulaciones sobre el uso de la tierra y la capacidad de obtener los permisos requeridos de las autoridades locales, regionales y nacionales.

La altura de la torre afecta la cantidad de potencia que se puede obtener del viento con una turbina dada, así como las tensiones sobre el rotor. A una altura de un kilómetro sobre la superficie, las velocidades del viento no son influenciadas por el terreno que se encuentra debajo. El viento se mueve más lentamente cuanto mas baja sea la altura, con la máxima reducción de velocidad del viento situada muy cerca de la superficie. Este fenómeno, conocido como esquileo del viento, es un factor determinante al momento de tomar la decisión sobre la altura de la torre, puesto que con a mayor altura los rotores se exponen a vientos más rápidos. Además, las diferencias en la velocidad del viento entre la parte superior y la inferior del rotor disminuyen a mayores alturas, causando menor desgaste en la turbina.

Si el sitio resulta con clase 4 y hay líneas de transmisión en sus proximidades, será necesario llevar a cabo una evaluación más detallada del recurso eólico y un análisis meteorológico acucioso. En conjunto, esos estudios brindan elementos técnicos para justificar la factibilidad económica de las inversiones y que el proyecto pueda ser financiable por bancos o inversionistas, cumpliendo con los estándares de tasas de retorno de la inversión.

Las recompensas económicas del desarrollo del proyecto dependerán del mecanismo financiero. Es importante desarrollar un presupuesto realista e investigar las opciones de financiamiento. Los componentes del costo del proyecto incluyen la evaluación del recurso eólico, las turbinas, las torres, la construcción, comisiones, cuotas por la interconexión, mantenimiento y mejoras de los equipos, seguros y pagos a consultores. Los incentivos fiscales o beneficios que otorgan los gobiernos deben de ser incluidos en estos análisis financieros.

El proyecto no culmina con la colocación de las máquinas y puesta en marcha del parque eólico, pues habrá tareas de operación y mantenimiento día a día. Así, una firma calificada de ingenieros y técnicos se hará cargo de la operación y mantenimiento a lo largo de la vida útil de las máquinas. En la medida en que se lleve a cabo el mantenimiento, se alargará la vida de las máquinas, una mayor producción de energía y mejores ingresos. Después de la vida útil de las máquinas se debe considerar su desmantelamiento y, en su caso, el reemplazo por otras modernas o la restauración del área del proyecto.

Los costos de operación incluyen la administración del negocio eléctrico, aplicación de garantías, pago y reclamo de seguros, pago de impuestos y por el uso de las tierras, así como la formación de un fondo de contingencia para casos de fuerza mayor.

### **3.2.-Pasos para el desarrollo de un parque eólico.**

En general para implantar un parque eólico se necesita:

- Seleccionar el personal multidisciplinario que participará en el proyecto.
- Establecer las etapas necesarias para su implantación.
- Definir los aspectos técnicos del proyecto

El personal que debe realizar el proyecto incluye:

- a) Fabricantes de las maquinas eólicas y sus distribuidores
- b) Desarrolladores de las granjas de viento
- c) Consultores externos y contratistas
- d) La empresa eléctrica que comprará la energía o el cliente de la energía
- e) Grupo de trabajo social
- f) Agencias gubernamentales
- g) Propietarios de las tierras y comunidades vecinas

Las principales fábricas de máquinas eólicas se encuentran en Estados Unidos y Europa, específicamente en España, Dinamarca y Alemania. Estas maquinas son vendidas directamente desde la fábrica y/o distribuidores locales.

Los desarrolladores de los parques eólicos compran o rentan la tierra, financian la instalación de las máquinas eólicas y operan y mantienen las turbinas por un periodo que llega a más de 30 años. Se requiere de un contratista para que se evalúe el potencial eólico, la construcción de la cimentación, el levantamiento de las torres y el montaje de las maquinas eólicas y de ingenieros eléctricos que obtengan los permisos de interconexión y supervisen la obra.

Los acuerdos con otros contratistas, los dueños de la tierra y la empresa eléctrica que en el caso de México es la CFE, los llevarán a cabo abogados y legistas. En nuestro país por ley sólo se le puede vender energía a CFE a menos que sea para autoconsumo. Por lo anterior, con la única empresa que se debe negociar es con la CFE y los términos ya están preestablecidos por ley, así como el precio por Kwh generado, respaldos, porteo, etc.

Es importante que haya un grupo de promotores sociales del proyecto que se encargan de educar al público en general sobre los beneficios de esta tecnología e influir en la política pública a favor de la energía limpia. Este grupo de trabajo social debe ser coordinado por una persona conocedora de los aspectos étnicos, religiosos, políticos y antropológicos de la región y con capacidad para no verse influida por grupos políticos o disidentes que pueden llegar a retrasar los avances del proyecto.

El papel del gobierno federal es otorgar los incentivos, al tiempo que establece reglas que muchas veces determinan la viabilidad y beneficio social del proyecto. El gobierno municipal establece la política de impuestos por uso de suelo y protección a los grupos sociales de la región.

Los propietarios de las tierras han aprendido que son los dueños del recurso de alguna manera y cada vez exigen mejor retribución por sus propiedades aunque sean en renta. Parte de la labor que debe hacer el desarrollador es buscar la forma de otorgar beneficios sociales adicionales que faciliten las negociaciones con los grupos de propietarios directos.

Las etapas del proyecto incluyen:

- 1) Asegurar la tierra y que cuente con recurso eólico certificable
- 2) Contar con los permisos y aportaciones financieras
- 3) Completar las negociaciones con el cliente y contar con un acuerdo de compra de la energía
- 4) Completar los acuerdos de interconexión y transmisión de la energía
- 5) Hacer los arreglos para la financiación del proyecto
- 6) Adquisición de las maquinas, transformadores y demás componentes, contratar a las constructoras
- 7) Construcción y puesta en marcha

Los aspectos técnicos de un proyecto eólico pueden estructurarse mediante un método de Flujo de Procesos. Éste trata de definir los contenidos de dicho proyecto de forma secuencial, y más o menos detallada, haciendo especial hincapié en los aspectos que pudieran conllevar alteraciones de los factores ambientales y socioeconómicos existentes hasta el momento.

Por orden cronológico, las fases de un proyecto eólico son: ejecución, explotación y clausura.

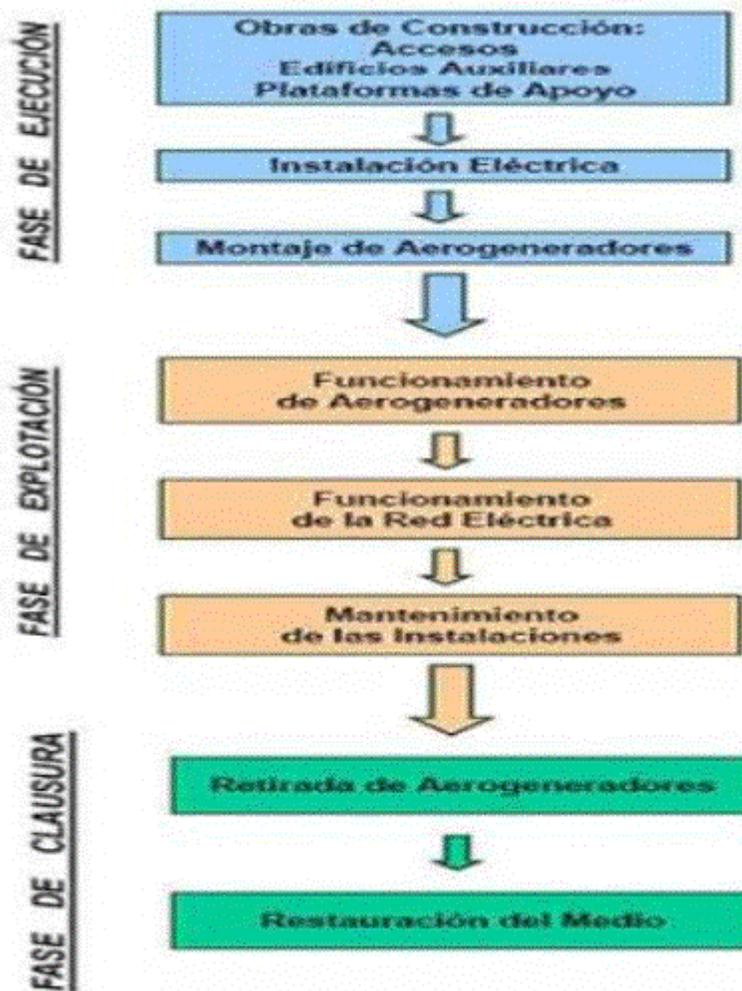


Ilustración 49. Fases de un proyecto eólico.

### 3.2.1 -Fase de ejecución

En esta fase se han diferenciado cinco procesos:

#### 1) Construcción de accesos

El primer proceso a considerar, en cuanto a las acciones con potencial de impacto ambiental, está relacionado con el transporte de los aerogeneradores y demás equipos complementarios a la zona de implantación; por ello, la construcción de un parque eólico precisa del acondicionamiento de accesos con ciertos requerimientos, debido a las dimensiones de los componentes que hay que trasladar y a las de la propia maquinaria encargada de dicho transporte.

Aunque habitualmente se recomienda, con objeto de minimizar la ocupación del terreno, el aprovechamiento de infraestructuras civiles existentes, bien sea porque éstas

no presenten las condiciones requeridas, o bien porque no lleguen hasta el emplazamiento deseado (el correspondiente a cada uno de los puntos de ubicación de los aerogeneradores), casi siempre se hace necesario la habilitación y/o construcción de viales.



*Ilustración 50. Los accesos cobran especial relevancia por la envergadura de las piezas que se deben transportar. Fuente: [www.nordex-online.com](http://www.nordex-online.com)*

Los criterios técnicos exigibles para el trazado de viales son extensos: radios de curvatura mínimos, pendientes, anchos y sobrecanchos. Hay que considerar que la torre de un aerogenerador se suministra en dos o tres tramos de longitudes superiores a los 20 m., al igual que las aspas, que pueden alcanzar hasta los 40 m. de largo.

Algunos de los caminos tendrán carácter provisional, limitándose su uso a esta primera fase de ejecución de las instalaciones. Otros, sin embargo, constituirán las pistas de acceso para el mantenimiento y control operacional que deban realizarse durante la vida útil del parque. En ambos casos, las acciones genéricas habitualmente presentes en su proceso de construcción son las siguientes:

- Ubicación de las zonas de trabajo, restringiendo la circulación de vehículos externos a la obra.
- Adecuación de superficies de acopio de materiales: en ocasiones con casetas de obra.
- Despeje y desbroce: eliminación de la vegetación de porte arbóreo y arbustivo para limpiar la superficie objeto de convertirse en la calzada y las cunetas del vial.
- Nivelación y movimiento de tierras: para la adecuación del terreno. Los volúmenes de movimiento de tierras dependerán de la orografía del terreno y de la geotecnia de los

materiales en cada caso, siendo habitualmente mayores en las actividades de desmonte y terraplenado.

- Realización del firme: empleo de materiales de construcción no asfálticos, como la zahorra.
- En caso de interceptar con algún curso de agua deberán realizarse las correspondientes obras de drenaje a lo largo del trazo del vial.
- Eliminación de los materiales sobrantes y de las instalaciones provisionales.
- Una acción coexistente con las anteriormente descritas, y partícipe de todas ellas, es la del empleo de maquinaria pesada, y de otros vehículos de menor envergadura, pero que también hacen uso de los combustibles fósiles (gasolina o diesel) como energía motor. Su uso lleva implícitas labores de limpieza y lavado de las cucharas, palas y otros elementos de las retroexcavadoras, bulldozers y demás maquinaria.
- Almacenamiento y trasiego de aceites y combustibles.

## **2) Construcción de plataformas de montaje**

Al igual que para el transporte de los equipos, en las labores de instalación de los aerogeneradores se requieren infraestructuras auxiliares de ingeniería. Se trata de las plataformas de montaje sobre las que se sustentan las grúas necesarias para el izado de las torres y demás componentes del equipo con gran tamaño. Este emplazamiento destinado a la grúa presenta unos requerimientos de superficie que no suelen ser menores de 24 m x 16 m.

Las acciones de ejecución de la plataforma son idénticas a las que se han expuesto para los viales de acceso.

## **3) Construcción de edificaciones anejas**

Y, por último, las necesidades constructivas se completan con los edificios de explotación, relativos a operaciones de control y a la subestación colectora de la planta (parte cubierta). El centro de control del parque es más o menos complejo dependiendo de las características del mismo, pero generalmente alberga los lugares de mando para control y mantenimiento, almacén y servicios administrativos. Para ello se requiere un planta rectangular de unos 10 m de ancho, por 25 m de largo, y 6 m de alto, y contrucciones auxiliares para abastecimiento de aguas y saneamiento (pozo y fosa séptica, respectivamente).

Las acciones principales del proceso son:

- Adecuación de superficies de acopio.
- Despeje y desbroce.
- Explanación y excavación.
- Realización de estructuras civiles (edificios y fosas): con diferentes materiales de construcción, como morteros, hormigones, maderas, materiales cerámicos u otros.
- Uso de vehículos y maquinaria específica.

#### 4) Instalación eléctrica

Al contrario de lo que sucede con otras fuentes de energía (gas, petróleo, carbón...), la energía eléctrica no se puede almacenar en grandes cantidades. La electricidad demandada en cada momento tiene que producirse de forma simultánea en centros de generación; para ello se necesita un equilibrio complicado y permanente entre generación y consumo, y una red de transporte que distribuya esa demanda.

El sistema eléctrico de un parque eólico tiene por objeto la transferencia de la energía producida por cada aerogenerador hacia la red de la compañía eléctrica que suministre a las poblaciones más cercanas.

Las características y distancia de la red en el punto de entronque condicionarán el diseño y trazado de la instalación de evacuación eléctrica de cada parque. Sin embargo, se puede generalizar que el sistema eléctrico de un parque eólico comercial, actualmente, está compuesto por los siguientes elementos:

- **Instalación eléctrica de Baja Tensión (BT):** puede ser interna a cada aerogenerador, o bien externa.

El primer caso consiste en unos circuitos internos al equipo y que conectan la salida del generador con el centro de transformación, también interno, y que eleva el potencial eléctrico de salida desde Baja Tensión (unos 690 V) hasta Media Tensión (20 kV). Este transformador suele ser de tipo seco, al estar localizado dentro de la torre.

Cuando los centros de transformación se sitúan fuera de la torre, suelen ser edificios prefabricados de composición modular y estructura de hormigón, y cuyas dimensiones oscilan según el tipo de aerogenerador, o el número de aerogeneradores agrupados a él (generalmente de 1 a 5 máquinas). Aquel que reciba la energía de 5 aerogeneradores tendrá una superficie aproximada de 4 por 2,5 m, y una altura de 2,3 m.

Puede asentarse en la misma zapata de anclaje del aerogenerador o inmediatamente a su lado. Además, la tipología del transformador será en aceite, haciéndose necesaria la construcción de un foso de recogida de dicho aceite. Se requieren canalizaciones que conecten el cableado de cada aerogenerador con su centro de transformación, con tamaño aproximado de 0,80 m de profundidad por 0,60 m de anchura.

Adicionalmente existirá otro circuito, de control (comunicaciones) y servicios auxiliares, para la alimentación de los equipos de regulación, motores de orientación, unidad hidráulica y otras herramientas de alumbrado y maniobra de la góndola y la torre. Las canalizaciones, que discurren entre el aerogenerador y el centro de control, tendrán las mismas medidas que las descritas para cables de BT.

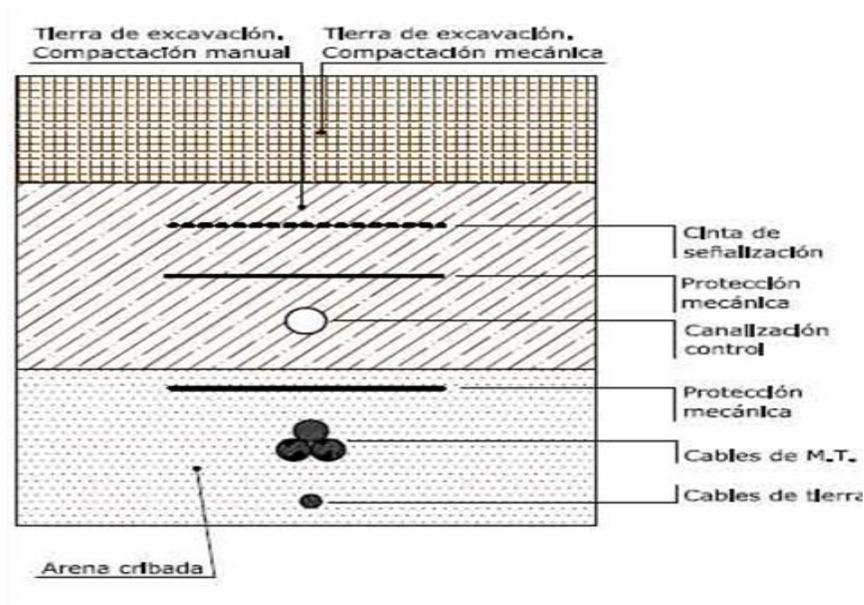
- **Red subterránea de Media Tensión (MT):** que conecta a los aerogeneradores entre sí y a la subestación del parque eólico. Por ello, el trazado de la red de MT se basa en la disposición de los aerogeneradores y es aconsejable que la zanja del cableado transcurra paralela a los caminos de acceso a dichos molinos. La profundidad de los cables, que habitualmente se instalan directamente enterrados en las zanjas, suele ser algo superior a un metro. Dicha medida es resultado de un equilibrio entre dos factores condicionantes, desde un punto de vista técnico, pues la cercanía a la superficie favorece la disipación de calor a la atmósfera, mientras que la humedad suele aumentar con la profundidad. La anchura media de las zanjas se mantiene en 0,60 m.



*Ilustración 51. Disposición del cableado interno del parque eólico. Fuente: [www.nordex-online.com](http://www.nordex-online.com)*

- **Toma de tierra:** además de las canalizaciones descritas, cada aerogenerador debe estar provisto de una específica para la red de tierra, con excavación de una zanja de aproximadamente 1 m de profundidad por 0,40 m de anchura, colmatada con tierra

vegetal y material procedente de la propia excavación o préstamo. El resto de zanjas se rellenan con diferentes cajdpas de materiales, como arenas, grava y cinta señalizadora.



*Ilustración 52. Esquema de la canalización enterrada: distancias y materiales. Fuente: Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica. (ED. RUEDA, S.L)*

- **Subestación colectora:** transforma los niveles de MT de las líneas de transmisión del parque en valores superiores de tensión. De este modo permite ajustar las medidas de energía eléctrica generada en el parque (MT) con las necesarias para su vertido a la red de la compañía distribuidora de electricidad de la zona (AT).

La tipología más común de subestación transformadora MTIAT consiste en una estructura prefabricada mixta (intemperie-interior), para lo cual sólo será necesario el acondicionamiento del firme sobre el que se vaya a instalar.

- **Evacuación en Alta Tensión (AT):** la forma más eficiente de evacuar la energía producida por el parque eólico es la Alta Tensión, de modo que se disminuyan las pérdidas a causa de caídas de tensión por resistencia y reactancia. Las condiciones técnicas de conexión de un parque eólico a la red pública de distribución de electricidad tendrán en consideración la tensión nominal y máxima de servicio, potencia máxima de cortocircuito admisible, capacidad de transporte de la línea, tipo de red aérea o subterránea, sistema de puesta a tierra, etc. Excepcionalmente, y dependiendo de la distancia de la subestación de distribución hasta el punto de entronque con la red general, la conexión mediante línea de AT corresponderá al parque eólico, pudiendo ser de tipología soterrada o aérea; pero lo más habitual es que esta línea de evacuación sea objeto de un proyecto independiente.

En el primer caso (línea subterránea) se procederá tal y como se ha descrito para la red interna del parque eólico. Si, por el contrario, el cableado es aéreo, se precisarán apoyos y crucetas para el anclaje de la línea. Los apoyos podrán construirse de hormigón armado, o bien de chapa metálica. Las crucetas, para apoyos de alineación, ángulo y anclaje (fijación de los conductores) serán metálicas. El número de crucetas y apoyos dependerá de un equilibrio establecido según distancias máximas (por rentabilidad) y mínimas (por seguridad) entre conductores. Además, se requerirán cortafuegos bajo la línea, con achura dependiente de la tensión soportada por la misma. No obstante, tal y como se ha mencionado, son raros los casos en que la central eólica se hace cargo de esta infraestructura eléctrica.

### 5) Montaje de aerogeneradores

Una vez transportados los componentes del aerogenerador hasta el punto de anclaje, se procede a su ensamblaje, haciendo uso de una grúa de grandes dimensiones. De este modo se realiza el izado de la torre, la góndola y el rotor.

El anclaje al terreno del aerogenerador consiste en una zapata de planta cuadrada, con unas dimensiones mínimas de 8 m de lado y entre 2,5 y 6 m de profundidad aproximada, sobre la que se construye un pedestal macizo de hormigón, generalmente de planta octogonal, de unos 3 m de lado y más de 1 m de altura, sobre el que se coloca el fuste del aerogenerador.



*Ilustración 53. Base de cimentación de un aerogenerador. Fuente: [www.nordex-online.com](http://www.nordex-online.com)*



*Ilustración 54. Momento de izado de las partes de la torre de un aerogenerador*



*Ilustración 55. . Ensamblaje de las palas en el buje del rotor*

Así, las acciones de este proceso pueden resumirse en: uso de maquinaria; voladuras del sustrato rocoso; movimiento de tierras y cimentación de hormigón.

### **3.2.2 Fase de Explotación**

Es la fase de operación y mantenimiento del parque eólico, cuyos procesos consisten en:

#### **1) Funcionamiento de aerogeneradores**

Se ha convenido distinguir dos tipos de acciones en el proceso de operación de un aerogenerador, dependiendo del estado en que se encuentre:

- **Aerogenerador en situación de parada.** El paro en el movimiento del aerogenerador puede estar motivado por cuatro causas: que la velocidad del viento esté fuera del margen de operación del aerogenerador (velocidades de arranque y de corte); que la red eléctrica se encuentre fuera de servicio; que se realicen demostraciones u operaciones de mantenimiento que requieran el cese temporal de las máquinas; que se produzcan fallos o averías en las instalaciones.

En este caso los elementos que cobran importancia son aquellos de la estructura exterior, es decir, la torre, el rotor y la cubierta. Así, el emplazamiento, las dimensiones y los materiales que conforman cada turbina serán la causa de los impactos, posteriormente identificados, que se asocian a esta acción.

- **Operación del aerogenerador:** estado productivo del aerogenerador. En esta situación interesa estudiar el funcionamiento de, tanto los elementos estructurantes internos (caso del generador, convertidor de energía mecánica en eléctrica, o de la unidad de refrigeración del multiplicador, que habitualmente es de aceite, aunque también puede ser de agua o aire), como aquellos componentes exteriores cuyo movimiento pudiera provocar algún efecto en el medio, (es el caso del rotor, por el movimiento de sus aspas). Adicionalmente se contempla el uso de las áreas de control y servicios, así como de los accesos asociados al parque.

## 2) Funcionamiento de la red eléctrica

La transferencia de energía por el interior del parque eólico, desde las turbinas hasta el punto de enganche con la red pública, comporta una serie de impactos relacionados con el propio transporte de electricidad. Ésta será la única acción a examinar en este proceso. Como caso especial dentro de esta acción se tendrá en cuenta la presencia y funcionamiento de un tendido eléctrico aéreo como parte integrante del proyecto eólico (no usual).

## 3) Mantenimiento de las instalaciones

Las labores de mantenimiento de un parque eólico se basan principalmente en el seguimiento periódico del funcionamiento de los aerogeneradores para detección y solución de los fallos que desencadenan sus paradas. Con respecto a este seguimiento se establecen tareas de mantenimiento preventivo y correctivo. Éstas son:

- Lubricación de los cojinetes, soportes y rodamientos, lo cual implica un trasiego de los mismos.
- Reparación de canalizaciones subterráneas.

- Sustitución de piezas de los equipos de operación que se encuentren averiados.
- Almacenamiento de recambios de elementos críticos, y materiales de mantenimiento (como aceites).
- Uso de las áreas de mantenimiento y servicios, puesto que en instalaciones eólicas de cierta envergadura se hace necesaria la presencia continuada de personal de mantenimiento.
- Uso de los accesos asociados al parque.

### **3.2.3 -Fase de clausura**

La vida media de un parque eólico es de unos 20 años, y su desmantelamiento no implica grandes dificultades.

#### **1) Retirada de instalaciones**

Proceso inverso al descrito sobre construcción y montaje. El desmantelamiento de los aerogeneradores se realiza por desarticulación de sus componentes mediante equipos específicos. Por tanto, sólo implica uso de maquinaria, voladuras de obra civil y transporte de retirada de las estructuras obsoletas, restos y escombros de obra.

#### **2) Plan de restauración del medio**

La restauración de los terrenos afectados por pistas, plataformas, tendidos y otras obras o estructuras del parque se realizará en función de las determinaciones marcadas para cada proyecto. En líneas generales se abordarán labores de restauración vegetal y paisajística (movimiento de tierras, plantaciones, infraestructuras de riego y retirada de restos vegetales) y de cauces (descompactación y limpieza).

### **3.3.- Subestaciones eléctricas en los parques eólicos.**

#### **Partes principales y protección**

En toda instalación industrial o comercial es indispensable el uso de la energía, la continuidad de servicio y calidad de la energía consumida por los diferentes equipos, así como la requerida para la iluminación, es por esto que las subestaciones eléctricas son necesarias para lograr una mayor productividad.

Una subestación es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos, que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica, permitiendo el control del

flujo de energía, brindando seguridad para el sistema eléctrico, para los mismos equipos y para el personal de operación y mantenimiento. Las subestaciones se pueden clasificar como sigue:

- Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas.
- Subestaciones receptoras primarias.
- Subestaciones receptoras secundarias.

En el caso de los parques eólicos la mayor parte de subestaciones son de tipo generación, estas se encargan de modificar los parámetros de la potencia suministrada por los aerogeneradores, permitiendo así la transmisión en alta tensión en las líneas de transmisión.

A la par las subestaciones, también se pueden clasificar por el tipo de instalación, por ejemplo:

- Subestaciones tipo intemperie.
- Subestaciones de tipo interior.
- Subestaciones tipo blindado.

En instalaciones eólicas podemos decir que hoy en día se utilizan subestaciones de tipo blindado y aisladas en SF<sub>6</sub> (GIS), en caso de subestaciones elevadoras de tensión podemos encontrar subestaciones tipo intemperie pero la tendencia de crecimiento apunta a las subestaciones aisladas en SF<sub>6</sub>. En subestaciones reductoras de tensión se utilizan hoy en día subestaciones tipo interior generalmente insertadas en tableros Metal-Clad.

### **Subestación aislada por gas (GIS).**

Las subestaciones aisladas en gas (GIS), reducen considerablemente el espacio requerido por los equipos eléctricos, mejoran la estética de la instalación y minimizan la probabilidad de averías ya que sitúan dentro de un edificio cerrado una serie de partes energizadas que normalmente están expuestas al medioambiente.

Las GIS ocuparán un 60% menos del espacio que requeriría una subestación convencional. La tecnología GIS encapsula los equipos de alto voltaje en su interior, mejora la estética de la instalación y minimiza la probabilidad de averías, lo cual mejora la calidad del servicio.

### **El SF<sub>6</sub> (Hexafloruro de Azufre)**

El Hexafluoruro de Azufre o SF<sub>6</sub>, descubierto por el químico francés H. Moissan, es un gas artificial utilizado ampliamente en los equipos eléctricos de alta tensión. Es incoloro, inodoro, no combustible y químicamente muy estable por lo que a temperatura ambiente no reacciona con ninguna otra sustancia. Su gran estabilidad se basa en el arreglo simétrico perfecto de sus seis átomos de Flúor en torno a su átomo de Azufre central. Al final del uso de vida del equipo, el gas puede ser recobrado, reciclado y vuelto a usar.

Es esta estabilidad precisamente lo que vuelve a este gas muy útil en la industria. El SF<sub>6</sub> es un excelente aislante eléctrico y puede apagar un arco eléctrico en forma efectiva. Esto lo ha hecho muy popular y por lo tanto pueden encontrarse hoy en día miles de equipos eléctricos alrededor de mundo en media y alta tensión que lo utilizan.

El SF<sub>6</sub> en su forma pura no es tóxico ni tampoco peligroso al ser inhalado, sin embargo dado que es casi seis veces más pesado que el aire, en ambientes cerrados desplaza al oxígeno existiendo en consecuencia riesgo de sofocación para las personas.

El SF<sub>6</sub> es utilizado como gas aislante en subestaciones encapsuladas GIS, como aislante y medio de enfriamiento en transformadores de poder y como aislante y medio de extinción en interruptores de alta y media tensión. Todas estas aplicaciones son sistemas cerrados, muy seguros e idealmente sin posibilidades de filtraciones.

Las subestaciones encapsuladas o GIS se encuentran generalmente en zonas urbanas o con restricciones fuertes de espacio. Estas subestaciones reducen el campo magnético en forma considerable y eliminan por completo el campo eléctrico. Esto es una ventaja significativa para los instaladores, personal de mantenimiento y la gente que pueda vivir próximo a una subestación.

Para las aplicaciones en eléctricas, el SF<sub>6</sub> es utilizado sólo en sistemas cerrados y que bajo circunstancias normales no tienen filtraciones. El SF<sub>6</sub> es recomprimido y reutilizado si una parte de la subestación encapsulada debe ser abierta.

El SF<sub>6</sub> proporciona un aislamiento eléctrico y muy efectiva resistencia a los arcos eléctricos. Estas asombrosas propiedades hacen posible construir equipos muy compactos, que utilizan menos materiales, seguros y con una vida útil más extensa. A presión atmosférica, el SF<sub>6</sub> tiene una rigidez dieléctricas 2,5 veces mejor que la del aire. Usualmente se utiliza a entre 3 y 5 veces la presión atmosférica y en cuyo caso la rigidez dieléctrica alcanza a ser hasta 10 veces de la del aire.



*Ilustración 56. Subestación en SF6*

### **Subestaciones tipo interior en celdas Metalclad**

Las Celdas Metal Clad son aptas para su utilización en sub-estaciones eléctricas de media tensión hasta 36kV, donde se requieran compartimientos separados para los diversos componentes de media tensión; con el fin de proporcionar un alto nivel de seguridad a las personas y a las instalaciones, continuidad del servicio eléctrico, disminución de los tiempos de salida de servicio por fallas y/o mantenimiento. Se fabrican para instalación interior bajo techo. En caso de altitudes mayores a 1000msnm el nivel de tensión nominal y da aislamiento de las Celdas se seleccionan teniendo en cuenta el factor de derrateo por altitud; de acuerdo con las normas IEC o ANSI/NEMA



*Ilustración 57. Tablero Metal Clad*

Un tablero Metal Clad está conformado por varios gabinetes metálicos o secciones firmemente ensambladas y autosoportadas con divisiones metálicas aterrizadas, conteniendo en su interior el equipamiento requerido para cumplir su función operativa.

Estos tableros cuentan con el equipo para poder operar en condiciones de servicio normal, instalación interior y servicio continuo; son utilizados predominantemente en subestaciones de distribución que por su ubicación geográfica requieren de espacios reducidos para su operación, enclavados principalmente en zonas densamente pobladas.

Este diseño es de una alta confiabilidad y seguridad en su operación además de ofrecer un mejor visual al medio. Esto no limita que los tableros Metal Clad se utilicen en otras áreas, donde la influencia de agentes externos (animales, vandalismo, etc) pueda ocasionar daños irreversibles al equipo que convencionalmente es instalado a la intemperie.

El equipo primario que conforma este tipo de tableros es el mismo que el de una subestación convencional; solo que este es diseñado (interruptores, aisladores soporte, etc) con un nivel básico de aislamiento menor debido al servicio de tipo interior al que opera.

## **INTERRUPTORES**

Los interruptores utilizados en tableros Metal Clad son de tipo removible, intercambiables, con un mecanismo para introducirlo y extraerlo manualmente, en tres posiciones definidas desconectado, conectado y prueba. El desplazamiento hacia cualquiera de estas posiciones se realiza con la puerta cerrada.

En posición de prueba los interruptores tienen los contactos principales desconectados de la línea y de la carga y debido a los bloqueos mecánicos con que cuenta éste, no puede ser insertado al tablero cuando está en la posición de cerrado

Los interruptores instalados en un tablero Metal Clad no cuentan con boquillas y se encuentran alojados dentro de celdas independientes aisladas entre sí, según las características particulares de cada equipo pueden operar por diferentes medios de extinción (vacío, gas SF<sub>6</sub>, sopleo magnético y pequeño volumen de aceite).

Por las ventajas que ofrecen y las necesidades operativas actuales los interruptores con medio de extinción en vacío son los de uso más generalizado.

Los buses o barras de un tablero Metal Clad están soportados por aisladores a base de resina epóxica moldeada, otros materiales aislantes moldeados o mangas termocontráctiles que son materiales que evitan la propagación de incendios, resistentes

a la erosión por esfuerzos dieléctricos (descargas parciales) y libres de mantenimiento para toda la vida útil del tablero, las partes del circuito primario, tales como interruptores, transformadores de potencial, acometidas, cubículo de control, etc., están confinadas completamente por medio de barreras metálicas conectadas a tierra.

La celda o sección del interruptor, está dotada de una cortina metálica para prevenir la exposición de las partes vivas del circuito cuando el interruptor removible está en la posición de prueba o fuera del tablero. Cabe señalar que existen tableros que por su año de fabricación no cumplen con estos requerimientos y deben tomarse las consideraciones especiales para su revisión y mantenimiento.

### **RESISTENCIA DE AISLAMIENTO**

La prueba de resistencia de aislamiento a las barras de un tablero Metal Clad se efectúa durante la puesta en servicio así como también en forma rutinaria para detectar fallas incipientes en los aisladores que los soportan.

Cabe mencionar que ya estando en servicio los tableros Metal Clad, deben de extremarse las medidas de seguridad antes de efectuar este tipo de pruebas, considerando siempre que el tablero debe de estar desenergizado por completo (lado fuente y lado carga).

El equipo para realizar estas pruebas es el medidor de resistencia de aislamiento, el método utilizado es el de tiempo corto aplicando 5,000 volts durante un minuto.

### **CONFIGURACION DE UNA SUBESTACION.**

Se denomina configuración al arreglo de los equipos electromecánicos constitutivos de un patio de conexiones, o pertenecientes a un mismo nivel de tensión de una subestación, efectuado de tal forma que su operación permita dar a la subestación diferentes grados de confiabilidad, seguridad y flexibilidad de manejo, transformación y distribución de energía.

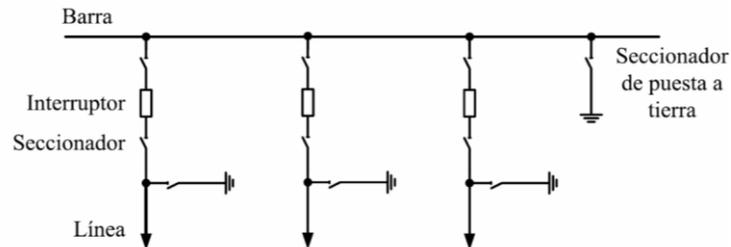
Cada punto (o nodo) en el sistema tiene diferentes requerimientos de confiabilidad, seguridad y flexibilidad y cada configuración brinda diferentes grados de estas características.

## TIPOS DE CONFIGURACION.

Son aquellas en las cuales cada circuito tiene un interruptor, con la posibilidad de conectarse a una o más barras por medio de seccionadores:

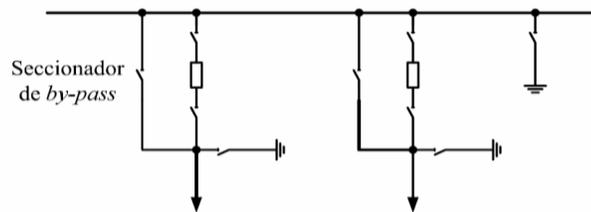
- Barra simple

## Barra simple



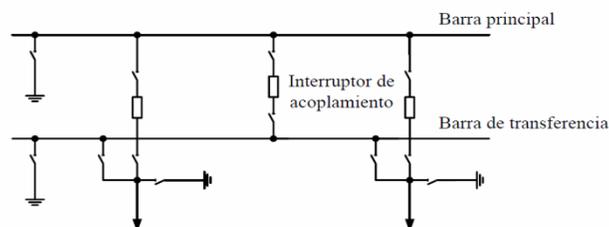
- Barra simple con by-pass

## Barra simple con by-pass

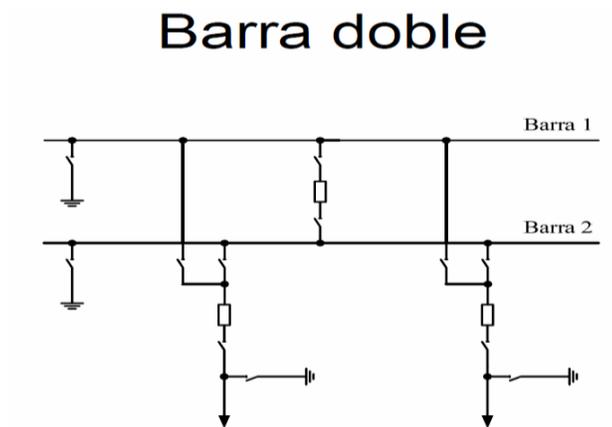


- Barra principal y de transferencia.

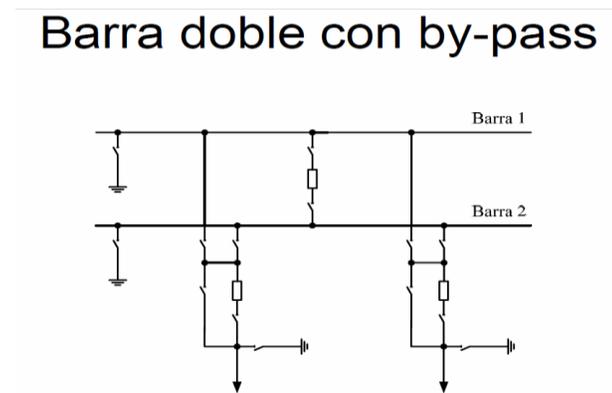
## Barra principal y barra de transferencia



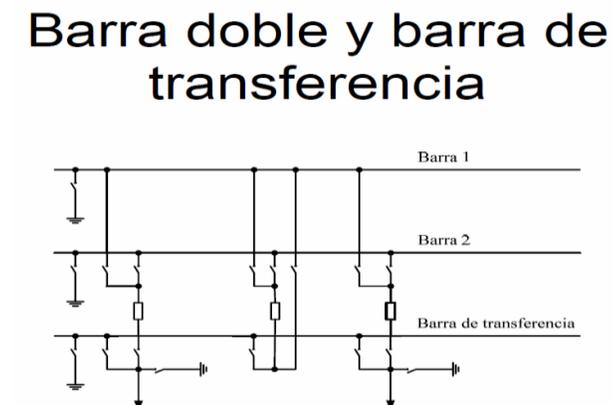
- Doble barra.



- Doble barra más seccionador de “by pass” o paso directo.

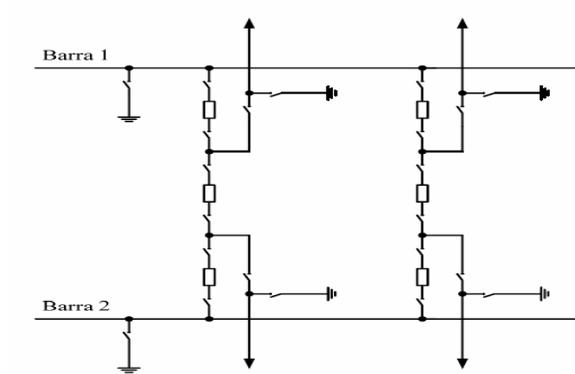


- Doble barra más barra de transferencia



- Interruptor y medio.

## Interruptor y medio



- Doble barra y

Doble interruptor.

## Barra doble y doble interruptor

