

Capítulo **6**

Mantenimiento. Fiabilidad y Fallos

El enorme incremento que ha experimentado el uso de la energía eólica, ha ido acompañado del desarrollo de la industria en torno a este sector. Son muchas las empresas que compiten por destacarse y posicionar sus productos en el mercado eólico. Desde fabricantes de aerogeneradores y sus suministradores, a empresas dedicadas a la Operación y Mantenimiento del parque eólico (O&M), empresas que estudian el recurso eólico de una zona, construcciones civiles, etc.

La maquina eólica por excelencia es sin duda el aerogenerador. Fruto de esta competencia, existe entre los principales fabricantes un afán de ofrecer el producto de mejores prestaciones y más fiable. Se esta trabajando en aerogeneradores de potencia cada vez mayores, y se invierte mucho esfuerzo en investigación para garantizar la durabilidad de sus productos. Sin embargo no todos los componentes de las maquinas alcanzan la vida útil.

La infraestructura eléctrica del parque tampoco esta exenta de fallos, desde el generador en la góndola hasta la red de alta tensión, puede darse un fallo que obligue a la desconexión de la totalidad o parte de los aerogeneradores.

Aparece casi por obligación la necesidad del mantenimiento del parque. Los servicios de Operación y Mantenimiento se pactan contractualmente con la empresa que los lleve a cabo, estableciendo las obligaciones de las distintas partes y las garantías del servicio.

6.1.- Operación del parque eólico

La operación de las instalaciones consiste en la monitorización y desencadenamiento de las acciones necesarias para mantener operativas y seguras todas las instalaciones, maximizando el rendimiento de las mismas y cumpliendo con las demandas de interconexión a la red.

La operación de parques eólicos consta de las siguientes funciones:

- Control de acceso y de presencia en la instalación.
- Control y manipulación de aerogeneradores.
- Control y manipulación de la instalación eléctrica.
- Atención 24 horas.

6.2.- Mantenimiento del parque eólico

El mantenimiento de las instalaciones consiste en la organización y realización de trabajos en los distintos componentes que integran la instalación de manera que se cumplan las condiciones de funcionamiento para las que han sido diseñados.

6.2.1.- Servicios del mantenimiento

Los servicios de mantenimiento se pueden agrupar en:

-Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo se realiza siguiendo una planificación que se inicia en la fecha de montaje del aerogenerador. La planificación se realiza marcando una frecuencia temporal para la realización de los mantenimientos, aunque se plantea la posibilidad de utilizar otros contadores como MWh producidos, horas de utilización, etc.

-Modificación del diseño

Modificaciones en los requerimientos de ingeniería, bien sea diseño de nuevos dispositivos o rediseño de dispositivos existentes.

-Mejoras

En ocasiones se generan avisos para realizar actuaciones sobre los equipos, pero que no tienen una gran criticidad. En estos casos se espera a que haya algún otro mantenimiento para realizar ambos trabajos en una única actuación.

-Mantenimiento Predictivo

En casos de fallo inminente del aerogenerador, detectados por inspección visual, por determinados datos estadísticos, o por superar ciertos umbrales, es necesario lanzar órdenes de mantenimiento predictivo. Su funcionamiento es similar a una orden de mantenimiento preventivo, sólo que en este caso no es posible realizar una planificación de antemano. Por otro lado, a día de hoy no están definidos los indicadores que deberían lanzar este tipo de mantenimiento.

-Mantenimiento Correctivo

En momentos de fallo en el parque, es necesario lanzar órdenes de mantenimiento correctivo, como consecuencia de los cuales se realiza el trabajo de reparación o sustitución, y el reporte de causas de la avería. Se diferenciará entre pequeño correctivo y gran correctivo. Se entiende por gran correctivo toda operación de sustitución o reparación de un componente, que requiera para su desmontaje total o parcial, la asistencia de sistemas de elevación tipo grúa. Son los grandes correctivos los que marcaran la rentabilidad del parque a largo plazo.

6.2.2.- Instalaciones para mantenimiento

Las instalaciones a mantener se agrupan en:

- Aerogeneradores. Las estructuras principales a mantener son:

- Torre.
- Góndola.
 - Generador.
 - Multiplicadora.
 - Grupo Hidráulico.
 - Armario de control.
- Palas.
- Armarios de control.

- Torre meteorológica.

- Red de comunicaciones de la instalación.

- Obra Civil. Incluirá las siguientes partes:

- Caminos de acceso y viales internos.
- Cimentaciones.

- Infraestructura Eléctrica. Estará conformada por:

- Centros de Transformación con transformador seco, celdas de protección en SF6, red de tierras y conexiones en media y baja tensión. Se ubica generalmente dentro de la torre del aerogenerador.

- Red subterránea (o aérea) de Media Tensión formada por el cable de media tensión y por la red de tierras.
- Subestación Transformadora. Compuesta por:
 - Posición de alta tensión formada por:
 - Transformador de potencia.
 - Interruptor.
 - Transformadores de Intensidad.
 - Transformadores de Tensión inductivos.
 - Autoválvulas.
 - Posición de 20 kV de protección de transformador:
 - Celda de protección del transformador de potencia.
 - Autoválvulas.
 - Transformadores de Tensión.
 - Celdas de salida de línea de Media Tensión de 20 kV.
 - Equipos para compensación de energía reactiva.
 - Armarios y equipos de medida y telecontrol.
 - Protección y control de la subestación
 - Red de tierras
 - Embarrados, soportes, estructura metálica y pórticos y cableados de parque.
- Línea de Alta Tensión. Compuesta por:
 - Apoyos de Línea.
 - Cable de potencia y de tierra.
 - Red de tierra.
 - Sistema de comunicaciones.

Los equipos de un aerogenerador con mayor riesgo de no alcanzar su vida útil son:

- Multiplicadoras
- Generadores

- Transformador
- Palas y rodamientos de palas
- Convertidores
- Rodamiento principal

6.3.- Fallos

El fallo de algún componente obligará a la parada del aerogenerador para su reparación o sustitución perdiendo así la producción de este.

Ocurre que en la mayoría de los casos el mantenimiento preventivo no está justificado, se lleva a cabo simplemente por que está planificado de antemano cada cierto tiempo. El mantenimiento preventivo es 5 veces más costoso que el mantenimiento predictivo y el mantenimiento correctivo suele ser del orden de 10 veces más costoso que el predictivo. Parece entonces sensato plantear en una estrategia de mantenimiento centrada en el mantenimiento predictivo. Para ello hay que tener monitorizados y controlados todos los parámetros de la máquina, actuando solo cuando se acerque a valores de alarma.

La gráfica a continuación (Figura 6.1) muestra la tasa de fallo de cada componente junto a los días de parada requeridos para su reparación.

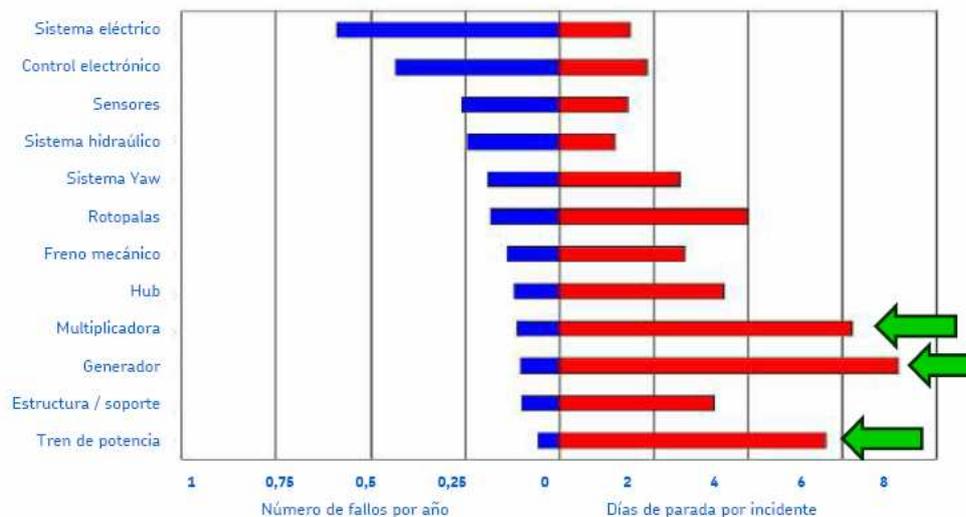


Figura 6.1: Tasa de fallo anual – Tiempo de parada. Fuente: CENER

Se resaltan en la grafica los fallos que provocan más días de parada, como son el generador, la caja multiplicadora y el tren de potencia. Habrá que tener en cuenta factores como la disponibilidad de los recursos especiales para el trabajo como por ejemplo grúas de gran tonelaje, el tiempo de suministro del equipo o pieza a sustituir, la accesibilidad al parque y condiciones climatológicas (dado que muchos de los parques se sitúan en cordilleras y/o en climas de nieve).

En el siguiente grafico (Figura 6.2) se detallan los porcentajes de reparaciones en aerogeneradores.

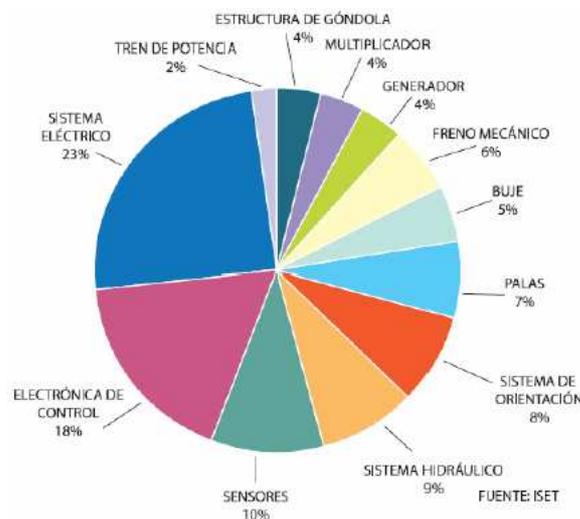


Figura 6.2: Porcentaje de fallo por componente. Fuente: ISET

El caso de la figura 6.3 presenta un fallo por fatiga en la pista interior del rodamiento del eje principal. El caso presentado en la figura 6.4 es una avería general provocada por un fallo en los rodamientos de la multiplicadora.



Figura 6.3: Fallo por fatiga. Turbina 600 kW, 33000 horas de funcionamiento. Fuente SKF



Figura 6.4: Fallo rodamientos multiplicadora. Turbina 1 MW, 20000 horas de funcionamiento.

Fuente: SKF

Como ejemplo podemos observar el estado de las bolas de unos rodamientos expuestos a una mala lubricación (izquierda) y una contaminación excesiva (derecha).



Figura 6.5: Rodamientos dañados. Fuente SKF

Como se observa en las graficas anteriores el sistema eléctrico es el que presenta una tasa de fallos más elevada. El problema asociado a un fallo eléctrico se puede ver agravado por el hecho de disponer el parque con una tipología radial. Un fallo puede dejar fuera una línea y en consecuencia perdemos la producción de los aerogeneradores aguas abajo de ésta.

Ante el fallo de un aerogenerador, en general no se ve afectada la evacuación de potencia del resto de máquinas, dado que se pueden desconectar el aerogenerador desde la celda de protección, no interrumpiendo el circuito de media tensión. Los aerogeneradores se conectan a la red de media tensión de forma radial con lo cual se pueden desconectar. Ante fallos más importantes, como vuelcos, la pérdida del circuito de media tensión es inevitable.

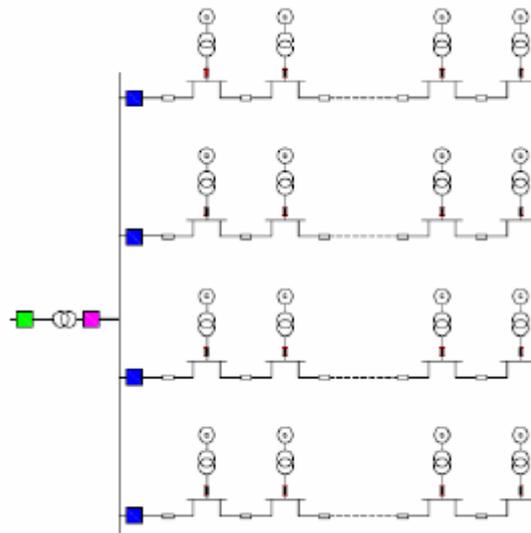


Figura 6.6: Tipología radial de los parques eólicos.

Ante un fallo en la red de media tensión, actúan las protecciones y toda la producción eléctrica que se encuentre aguas abajo de la protección se pierde. La falta de selectividad o el fallo de las protecciones provocaran una parada mucho mayor que la estrictamente necesaria.

Los principales problemas eléctricos en los parques eólicos, suelen ser debidos a una instalación incorrecta. Por ejemplo cables sometidos a tensión mecánica. En los cables de la figura 6.7, el efecto de la vibración producirá un fallo de aislamiento y posterior cortocircuito a tierra.



Incorrecto



Correcto

Figura 6.7: Cable incorrectamente tendidos. Fuente ELDU

Otra fuente de fallos son las conexiones mal realizadas, como por ejemplo uniones cobre-aluminio con sección insuficiente, conexiones mal mantenidas, flojas o

sucias, etc. Todo esto origina lo que se denomina un punto caliente que se puede subsanar con una parada programada o terminar produciendo un fallo.

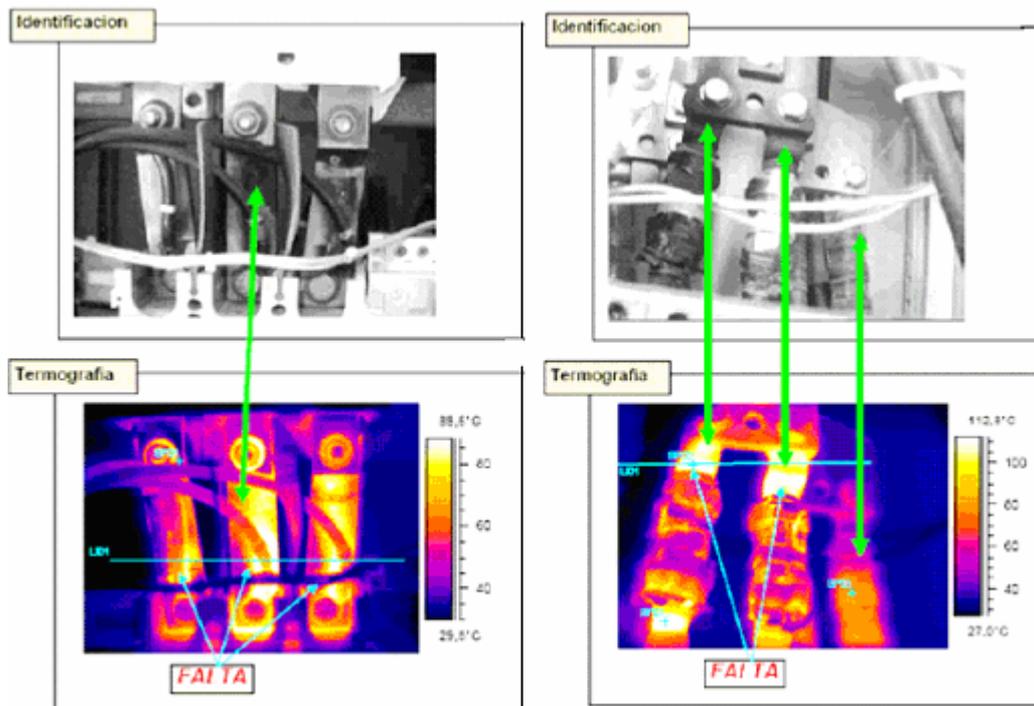


Figura 6.7: Termografía de conexiones defectuosas. Fuente ELDU

Fugas de aceite en los transformadores, suciedad en los elementos aislantes, falta de presión de SF6 en los interruptores automáticos, la presencia de roedores que puedan dañar los cables o aves para las líneas aéreas, etc. Las líneas aéreas en la red de media tensión no son muy usadas debido a que los trabajos de montaje y mantenimiento de los aerogeneradores necesitan el uso de grúas. Las maniobras con las grúas pueden provocar, en un descuido, un accidente con las líneas aéreas provocando el fallo de esta línea. Existe una larga lista de posibles fallos en una instalación eléctrica, pero hay que decir que no se diseñan las instalaciones, ni se montan para que fallen y lo normal es el funcionamiento correcto del parque.

6.4.- Duración del fallo

Cuando a pesar de las operaciones de mantenimiento ocurre un fallo, hay un parámetro de suma importancia a la hora de evaluar las pérdidas económicas derivadas del fallo: el tiempo de duración.

El tiempo durante el cual tenemos un impacto económico negativo, va desde el instante en que se produce el fallo y actúan las protecciones, hasta el instante en que se restablecen todas las líneas y/o aerogeneradores involucrados en el fallo. Durante este tiempo estaremos perdiendo parte de la producción del parque eólico. Se denomina a este periodo de tiempo como *Tiempo de Reparación*.

Cuando tiene lugar un fallo, instantáneamente actúan las protecciones. Normalmente están situadas en las cabeceras de las líneas. Aguas arriba de las protecciones de cabecera de líneas, tenemos las protecciones de la subestación. Ante esta situación, como mínimo se pierde la producción de todos los aerogeneradores que cuelguen de la línea donde se produjo el fallo. El parque puede contar con seccionadores estratégicamente distribuidos por las líneas de MT. En el momento del fallo, se estudia la posibilidad de aislar el fallo, y se da una orden telemandada o a un reten de operarios para que actúen en los seccionadores. Una vez aislado el fallo, existe la posibilidad de reconectar algún aerogenerador. El tiempo transcurrido, desde que ocurre el fallo hasta que se aísla y se logra reconectar algún aerogenerador, se denomina *Tiempo de Reconexión*.

6.5.- Las medidas preventivas

A continuación se describen los principales focos de fallos en los equipos que conforman la infraestructura eléctrica y son por tanto requeridas acciones de mantenimiento preventivo.

Las principales acciones de mantenimiento preventivo que se llevan a cabo en los distintos equipos de la infraestructura eléctrica son:

-TRANSFORMADOR DE POTENCIA. Comprobación de fugas de aceite, verificación del nivel de aceite y toma de muestra, comprobación de silicagel, limpieza de aislantes, radiadores y ventiladores, comprobación de conexiones, comprobación de protecciones del transformador y de puesta a tierra.

-SECCIONADOR DE ALTA TENSIÓN. Limpieza de aislantes, soportes y contactos, comprobación de conexiones, anclajes, puesta a tierra, partes móviles (engrase), comprobación de mando motorizado, comprobación de puesta a tierra, comprobación de contactos auxiliares y enclavamientos y pruebas funcionales de apertura y cierre en mando local y remoto.

-INTERRUPTOR AUTOMÁTICO SF6 DE ALTA TENSIÓN. Comprobación de conexiones, tornillería y soportes, limpieza de elementos aislantes, comprobación de presión de SF6 en las cámaras, comprobación de puesta a tierra, comprobación de nivel de aceite en amortiguador, comprobación del estado del armario de mando, comprobación de contactos auxiliares y enclavamientos, y realización de pruebas funcionales de apertura y cierre en mando local y remoto.

-TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD Y DE TENSIÓN. Comprobación de fugas de aceite, verificación nivel aceite, comprobación y limpieza de aislantes y soportes, comprobación de bornas de conexiones y tornillería, comprobación del estado de caja de bornas, comprobación de puesta a tierra.

-AUTOVÁLVULAS. Realización de lectura del contador de descargas, limpieza de elementos aislantes, comprobación de bornas de conexión, tornillería y anclajes, limpieza de soportes y comprobación de puesta a tierra.

-CELDAS DE PROTECCIÓN DE MEDIA TENSIÓN. Comprobación del estado de la envolvente metálica, comprobación del estado del embarrado, comprobación de los puntos de sujeción y conexión, comprobación del funcionamiento de la resistencia de calentamiento, comprobación de fusibles y relés auxiliares, comprobación de enclavamientos y circuitos de mando, comprobación del estado de cables y botellas

terminales, comprobación del mecanismo del carretón extraíble, comprobación de presión de gas SF6.

-LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DE MEDIA TENSIÓN. Comprobación de las condiciones optimas del cable (medida de la resistencia de aislamiento y medida de continuidad del cable, usando el Megger), comprobación de red de tierras, comprobación de botellas terminales.

-CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.

Transformadores. Verificación y reapriete en conexiones de MT y BT, limpieza de bornas y terminales, verificación de PT100, comprobación de alarma y disparo por temperatura, verificación y reapriete de anclaje de trafo, verificación de envolvente, verificación de puerta de acceso y enclavamiento y comprobación de puesta a tierra.

Celdas de media tensión. Verificación y reapriete en conexiones de MT, verificación y reapriete de anclaje de la celda, verificación de fusibles, verificación de enclavamiento, verificación de bobina de disparo, verificación de presión de SF6 y comprobación de puesta a tierra.

Otros. Verificación de sujeciones de cables, verificación de distancias e identificación de fases, verificación de conexiones en cuadro BT, comprobación de condensaciones y humedades, verificación del estado del material de seguridad, medición de resistencia de la malla de tierra.

- OTRAS REVISIONES. Revisión de embarrados de AT y MT, revisión de transformador y armario de Servicios Auxiliares, revisión del armario de control de parque, comprobación de protecciones, verificación de red de tierras.