

Aerogeneradores (II): Riesgos laborales en las operaciones de mantenimiento

Wind Turbines (II): Occupational risks during maintenance operations
Aérogénérateurs (II): Risques professionnels dans opérations de maintenance

Redactores:

Pablo Cobreiro Rodríguez
Ingeniero Técnico Industrial.

E.R.O.M. (ACCIONA)

Nuria Jiménez Simón
Licenciada en Farmacia.

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

En la segunda NTP de la serie referente a la seguridad en los aerogeneradores se describen las principales tareas, riesgos y factores de riesgo existentes en las operaciones de mantenimiento en un aerogenerador de eje horizontal no situado en emplazamientos marinos. No se pretende establecer una lista exhaustiva de todos los riesgos aunque sí los de mayor relevancia.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. PRINCIPALES ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Como ya se especificó en la NTP 1022 los aerogeneradores y los equipos de trabajo instalados en su interior están sometidos a comprobaciones y a un mantenimiento periódico derivado de la obligación legal indicada en el artículo 3 del Real Decreto 1215/1997¹. Otros equipos, como los transformadores de alta tensión, están sometidos además a revisiones e inspecciones determinadas por la normativa industrial específica.

Las operaciones de mantenimiento y las comprobaciones iniciales y periódicas que se realizan en el aerogenerador (generador, cuadro eléctrico, elevador, transformador, etc.), deben documentarse convenientemente, tal y como se deriva del artículo 23 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y es recomendable que queden recogidas en un diario de mantenimiento. En este sentido, según lo especificado en el Real Decreto 1215/1997 “cuando un equipo de trabajo deba disponer de un diario de mantenimiento, éste permanecerá actualizado.”

Tipos de mantenimiento

En prevención de riesgos laborales, el mantenimiento prescrito por el Real Decreto 1215/1997 es un mantenimiento preventivo, pudiendo ser sistemático, predictivo o de oportunidad. En los programas de mantenimiento de las turbinas se revisan los componentes de las mismas según los parámetros establecidos por el fabricante. En ocasiones se realiza mantenimiento y sustitución de

grandes componentes del aerogenerador (eje principal, multiplicadora, generador, góndola (frecuentemente llamada por su nombre francés *nacelle*), rotor, palas, transformador) que puede necesitar de medios auxiliares para elevación y transporte así como personal especializado.

En función de su tipología, las principales tareas de mantenimiento preventivo se clasifican en:

- **Mantenimiento eléctrico:** que incluiría la comprobación del aislamiento de circuitos, la verificación de elementos, la revisión programada del centro de transformación y el cambio de componentes en circuitos en baja o alta tensión. En la realización de este tipo de tareas se debe tener en cuenta el cumplimiento de la normativa específica sobre prevención de riesgos laborales en instalaciones eléctricas². Así, según se indica en el citado real decreto todo trabajo en una instalación eléctrica o su proximidad que conlleve riesgo eléctrico³ debe efectuarse sin tensión, salvo excepciones. Para llevar a cabo trabajos en tensión (a excepción de lo indicado en el apartado 3 del artículo 4), deberán ajustarse a los requisitos generales indicados en el Anexo III.A y en el caso de trabajos en alta tensión los adicionales del Anexo III.B del Real Decreto 614/2001.
- **Mantenimiento mecánico:** que incluiría el apriete con ayuda de herramientas manuales de los diferentes componentes de la máquina, la sustitución de filtros,

2. Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico

3. Según el Anexo I del Real Decreto 614/2001 se define Riesgo eléctrico como el riesgo originado por la energía eléctrica, incluidos los riesgos de choque eléctrico por contacto directo o indirecto, las quemaduras por choque eléctrico o arco eléctrico, las caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico y los incendios o explosiones originados por la electricidad.

1. Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

la comprobación de desgaste de coronas, la comprobación de holguras de componentes mecánicos, etc.

Principales tareas de riesgo

Desde la subestación o centro de control se preparan las herramientas, equipos portátiles y equipos de protección individual necesarios para llevar a cabo las tareas planificadas. La lista no exhaustiva de las diferentes tareas en función de la zona de permanencia en la turbina se detalla a continuación.

Base

Tareas de apriete de tornillería de la estructura y tareas eléctricas en el armario baja tensión y en las celdas de maniobra de alta tensión. En las máquinas con foso⁴ se puede acceder a dicho espacio para realizar tareas de limpieza, revisión de tornillos que unen la base con la cimentación, revisión del cableado eléctrico y de las conexiones de entrada o salida de las celdas de maniobra del aerogenerador.

Desde la base, y mediante el elevador o la escala los trabajadores acceden a las diferentes zonas para el mantenimiento de la máquina.

Torre

Los trabajadores acceden a través del tubo o torre a las diferentes plataformas de trabajo para efectuar las tareas de mantenimiento. El acceso se realiza a través del elevador o subiéndolo por la escala que se aloja en la torre.

En la plataforma del transformador se realizan tareas de mantenimiento de tipo mecánico (apriete de tornillos, etc.) y tareas eléctricas (verificación e inspección de los diferentes elementos del mismo).

En la plataforma de la corona, se realizan tareas de mantenimiento mecánico (apriete de tornillos, engrase de rodamientos, cambio de piezas de freno, etc.).

Góndola

En esta zona se realizan la mayoría de los trabajos de mantenimiento de la máquina, puesto que es donde se ubican los equipos principales para su funcionamiento, tales como: generador, rotor, multiplicadora, grupo hidráulico, freno, armarios eléctricos y equipos de elevación de cargas (polipasto o puente-grúa).

En la mayoría de máquinas en el lado contrario a las palas se instala una puerta que da al exterior y que se utiliza para la elevación, carga y descarga de equipos y herramientas de gran peso necesarias para el trabajo, y como salida de evacuación en caso de emergencia. En algunas máquinas la puerta lateral se sustituye por un conducto en el suelo de la góndola, diferente al del acceso habitual. La elevación de cargas se realiza mediante equipos de trabajo como el polipasto o el puente-grúa. En la figura 1 se observa trabajo con polipasto y en la figura 6 se observan dichos equipos. Las principales tareas de mantenimiento que se realizan consisten en las siguientes:

- Elevación de equipos y herramientas mediante polipasto o puente-grúa.
- Engrase del rodamiento del eje lento.



Figura 1. Puerta trasera en la nacelle con polipasto

- Inspección engranajes, sustitución filtros, en la multiplicadora.
- Comprobación de elementos a presión del circuito hidráulico, que contiene un fluido y gas a presión (N_2).
- Revisión del sistema de freno y elementos del eje rápido.
- Mantenimiento eléctrico de alta o baja tensión en el generador, comprobación del apriete de terminales de conductores eléctricos, cambio de escobillas de conexión, limpieza, etc.
- Trabajos eléctricos en armario de baja tensión.

Buje y palas

El buje es un espacio cerrado al que se accede a través de una escotilla desde la góndola. El acceso se realiza a través de un espacio de dimensiones reducidas que dificulta la evacuación en caso de emergencia. Dicho espacio está generalmente ventilado, aunque en algunos tipos de turbinas, por la propia hermeticidad del espacio o por la posible presencia de sustancias químicas en su interior, la ventilación podría ser desfavorable lo que obligaría a considerarlos previamente como zonas peligrosas o espacios confinados.

Las principales tareas que se llevan a cabo en su interior son las siguientes:

- Mantenimiento mecánico (apriete de tornillos de unión del buje con la góndola y de las palas con el buje, engrase de rodamientos de giro de las palas, comprobación del punto de referencia de las palas, etc.)
- Mantenimiento del circuito hidráulico (comprobación de conductos, válvulas de seguridad, presión en acumuladores de nitrógeno, etc.)
- Mantenimiento eléctrico de cuadros eléctricos del interior del buje o de circuitos eléctricos.
- Inspección visual de la fibra.
- Limpieza.

Desde el buje y a través de una tapa se accede ocasionalmente al interior de algunas palas. La pala es un espacio cerrado al igual que el buje aunque de dimensiones más reducidas y con una mayor probabilidad de ventilación desfavorable en su interior y mayor dificultad de rescate en caso de accidente. Las principales tareas que se realizan en las palas son:

- Inspección visual de la fibra.
- Reparaciones de grietas mediante lijado de fibra y aplicación de resinas.

Las reparaciones importantes de las palas se realizan desmontándolas y depositándolas en el suelo, con la utilización de grandes grúas de elevación y personal especializado, y no son objeto de la presente nota técnica.

4. Espacio cerrado de dimensiones reducidas donde se ubican los conductores de alta tensión que transportan la corriente hasta la subestación

Exterior de la góndola (capota)

En algunas máquinas se accede al buje desde el exterior. En la mayoría, el acceso a la capota desde el interior de la góndola es para realizar la comprobación del funcionamiento correcto de la estación meteorológica (formada por el anemómetro para medir la velocidad del viento y la veleta para la orientación).

2. RIESGOS Y FACTORES DE RIESGO

Uno de los procesos previos a la realización de la evaluación de riesgos del equipo en su conjunto es la identificación de riesgos y factores de riesgo posibles. En general, los riesgos en el mantenimiento de turbinas pueden variar en función del tipo de máquina y del emplazamiento donde se encuentren. Los riesgos más importantes y comunes a todas las turbinas son los siguientes:

- Contacto eléctrico con conductores o diferentes elementos de la turbina.
- Atrapamiento con los distintos órganos móviles del aerogenerador o de los equipos de trabajo que lo componen.
- Sobresfuerzos y posturas forzadas debido a la manipulación de cargas pesadas, espacios de trabajo reducidos, y esfuerzo físico en el ascenso por la torre.
- Incendio por la presencia de focos de ignición eléctrico y mecánico.
- Desplome del equipo, de alguna plataforma o partes de la estructura, por fallo del equipo, superar el peso máximo indicado por el fabricante, o mal estado de la fibra.

Se detalla a continuación una descripción no exhaustiva de los posibles riesgos específicos en los distintos niveles de acceso del aerogenerador, desde la subestación a la base, la circulación por la torre, la presencia en góndola y la salida a la capota.

Previo al acceso al aerogenerador

El acceso a la máquina se realiza desde el edificio de la subestación mediante vehículos por terrenos sin urbanizar, en zonas montañosas y en ocasiones en condiciones meteorológicas adversas, lo que puede suponer un riesgo de accidente de circulación, de electrocución por rayo en caso de tormenta eléctrica o incluso un riesgo de caída de restos de hielo desde las palas en situaciones de bajas temperaturas. La velocidad del viento elevada durante el trabajo en la turbina puede ocasionar riesgo por desplome de diferentes partes de estructura de la máquina o riesgo de caída en altura, por ello es un factor limitante a tener en cuenta en la toma de decisión del acceso a la misma y del trabajo en según que zonas. Una vez se estaciona el vehículo en la zona adyacente a la máquina y se accede al aerogenerador deben tenerse en cuenta los riesgos en el acceso al mismo por las condiciones estructurales de la escalera y la puerta de la entrada. En la figura 2 se observa una imagen de la entrada a la turbina.

Base del aerogenerador

En la base o *ground* de la máquina los riesgos más frecuentes son los derivados del mantenimiento eléctrico en el armario de baja tensión y en las celdas de maniobra de alta tensión. Dichas celdas, que se observan en la figura 3, disponen en su interior de hexafluoruro de azufre



Figura 2. Acceso a la base de un aerogenerador.



Figura 3. Celdas de alta tensión en la base

(gas comprimido incoloro y utilizado por sus características como buen aislante de la corriente eléctrica). Dicho agente químico es un asfixiante simple, cinco veces más pesado que el aire que en condiciones de confinamiento y ante una fuga accidental podría acumularse en zonas enterradas (como el foso) y causar una deficiencia de oxígeno por desplazamiento del mismo.

El trabajo en el foso implica un riesgo por ser un espacio muy reducido, cerca de conductores de alta tensión y por ser un lugar con una posible atmósfera deficiente de oxígeno en caso de fuga de SF₆, en estas situaciones el foso podría considerarse como un espacio confinado⁵.

5. Espacio confinado se define en el artículo 22 bis del Real Decreto 39/1997 como cualquier espacio con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos o inflamables o tener una atmósfera deficiente de oxígeno, y que no está concebido para una ocupación continuada por parte de los trabajadores.

En la base en la mayoría de turbinas se encuentra la puerta de acceso al elevador. Los principales riesgos de dicho equipo de trabajo son el desplome o atrapamiento durante la circulación del equipo por la torre en su parte inferior o superior. En la figura 4 se observa la imagen del elevador.

En la tabla 1 se resumen los principales riesgos y fac-

Zona	Riesgos específicos/Factores de riesgo	
Previo acceso	Accidente de circulación en el trayecto desde la subestación	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones del terreno • Condiciones climatológicas • Vehículo
	Golpes/Atrapamientos	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo • Puerta de entrada
	Contacto eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> • Tormenta eléctrica • Toma de tierra deficiente
	Contacto con animales peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación y entorno del parque eólico
Base	Desplome elevador	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de dispositivos de seguridad • Falta de mantenimiento
	Atrapamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Trampilla foso • Puerta de acceso • Elevador
	Contacto eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> • Armarios eléctricos baja tensión • Celdas de maniobra alta tensión • Conductores alta tensión en foso • Inadecuada protección y aislamiento • Elementos almacenamiento energía
	Explosión	<ul style="list-style-type: none"> • Arco eléctrico • Armarios baja tensión • Celdas de maniobra alta tensión • Componentes eléctricos
	Exposición a agentes químicos	<ul style="list-style-type: none"> • Fuga SF₆ de celdas de maniobra de alta tensión
Riesgos comunes/Factores de riesgo		
Desplome estructura	<ul style="list-style-type: none"> • Fallo del equipo 	
Caída de objetos distinto nivel	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos y herramientas en planos superiores • Partes estructura • Hielo 	
Caídas al mismo nivel	<ul style="list-style-type: none"> • Suelo no urbanizado • Escalera de acceso 	
Sobreesfuerzos/Posturas forzadas	<ul style="list-style-type: none"> • Espacios reducidos • Uso herramientas manuales 	
Incendio	<ul style="list-style-type: none"> • Forestal • Materiales no ignífugos • Focos eléctricos • Focos mecánicos 	
Cortes/Golpes	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura metálica • Herramientas • Equipos 	

Tabla 1. Resumen de riesgos y factores de riesgo previo al acceso y en la base de un aerogenerador de eje horizontal.



Figura 4. Elevador en la base

tores de riesgo de las tareas que se realizan previas al acceso y en la base, específicos en cada zona y comunes.

Torre

Los riesgos más importantes en esta zona son los de caída de altura en el ascenso por la torre y en el desembarco en las plataformas intermedias, los de sobreesfuerzo físico por el ascenso utilizando la escala hasta los diferentes niveles de trabajo, los derivados del uso del elevador de servicio y los de caída de objetos desde distintas alturas de trabajo. En la figura 5 se observa una plataforma intermedia.

Dentro de la torre se especifican los riesgos del trabajo en la plataforma del transformador y de la corona.

Plataforma del transformador

Además de los riesgos comunes del acceso y circulación por la torre. El riesgo específico más importante en



Figura 5. Plataforma intermedia con acceso por elevador y por escala

esta zona es el derivado de la electricidad, de alta o baja tensión (choque eléctrico por contacto eléctrico directo o indirecto, quemaduras por arco eléctrico, incendio o explosión) y el de contacto térmico con los diferentes elementos a elevada temperatura.

Plataforma de la corona

En esta plataforma se halla el sistema de orientación y giro del aerogenerador. Si el sistema de bloqueo falla o no es el adecuado podría provocar riesgo de atrapamiento. Otros riesgos específicos, además de los comunes derivados del acceso y circulación por la torre, derivan de la exposición a sustancias químicas para el engrase (grasas y aceite mineral)⁶.

En la tabla 2 se resumen los principales riesgos y factores de riesgo de las tareas realizadas en la torre, específicos para la plataforma del transformador y de la corona y comunes en todas las plataformas de la torre.

Góndola

En esta zona el riesgo más importante es el de caída de altura que se puede producir en la apertura de la puerta o escotilla lateral, tal y como puede verse en la figura 1. Otros riesgos importantes son los de atrapamiento y de corte por contacto con los diferentes elementos de giro de los equipos de trabajo que aquí se encuentran (eje lento, multiplicadora, acoplamiento, disco o pinzas de freno y generador), los riesgos ocasionados por la electricidad en trabajos en los armarios eléctricos y en el generador y el riesgo de explosión por presencia de circuitos con fluido y gas a presión en el sistema hidráulico.

Otros riesgos destacables son: sobreesfuerzos, caída de altura y de objetos en durante la utilización de los equipos de elevación de cargas (polipasto o puente-grúa). En la figura 6 se observa trabajo con puente-grúa.



Figura 6. Puente grúa.

6. El aceite utilizado generalmente está formado por mezclas de aceites minerales con punto de inflamación superior a 150°C. Debe verificarse específicamente en la FDS (Ficha de Datos de Seguridad) y en el Documento sobre Límites de Exposición Profesional a Agentes Químicos, la existencia de VLA y VLB para dichas sustancias, y realizar una evaluación de los riesgos derivados de la utilización de agentes químicos tal y como indica el Real Decreto 374/2001.

Zona		Riesgos específicos/Factores de riesgo
Plataforma transformador	Incendio/ Explosión	<ul style="list-style-type: none"> Elementos del transformador Arco eléctrico
	Contacto térmico	<ul style="list-style-type: none"> Partes del transformador a alta temperatura
Plataforma corona	Atrapamiento	<ul style="list-style-type: none"> Sistema orientación Pinzas yaw Pinzas de freno hidráulico Fallo dispositivos de seguridad
	Exposición productos químicos	<ul style="list-style-type: none"> Grasa Aceite Fluido hidráulico Productos limpieza
	Proyección partículas/sustancias químicas	<ul style="list-style-type: none"> Circuito hidráulico con fluidos a presión
Riesgos comunes/Factores de riesgo		
Caída de altura		<ul style="list-style-type: none"> Falta protección aberturas y huecos Trampillas abiertas Fallo condiciones estructurales escala Falta dispositivos seguridad elevador Insuficientes puntos anclaje EPI inadecuados o sin conexión Falta mantenimiento EPI
	Desplome estructura torre, plataformas o elevador	<ul style="list-style-type: none"> Sobrepasar peso máximo en plataformas o elevador Fallo condiciones estructurales Falta dispositivos seguridad elevador Falta revisiones periódicas elevador Aerogenerador en funcionamiento
Golpes/Cortes		<ul style="list-style-type: none"> Herramientas Estructura (tubo, elevador y escala) Elevador en movimiento
Caída de objetos distinto nivel		<ul style="list-style-type: none"> Aberturas y huecos no protegidos Medios transporte equipos y herramientas inadecuados Trampillas abiertas Materiales cerca de huecos desprotegidos
Atrapamiento		<ul style="list-style-type: none"> Trampillas torre y elevador Falta dispositivos seguridad elevador Desplazamiento fuera del habitáculo del elevador
Contacto eléctrico		<ul style="list-style-type: none"> Trabajo en armarios eléctricos Presencia de conductores Vulnerar enclavamientos transformador No respetar distancias de seguridad Falta de continuidad en tierras
Caídas mismo nivel		<ul style="list-style-type: none"> Presencia grasa, aceite, objetos
Sobreesfuerzos/Posturas forzadas		<ul style="list-style-type: none"> Ascenso por escala Espacios reducidos

Tabla 2. Resumen de riesgos y factores de riesgo en la torre de un aerogenerador de eje horizontal.

Buje y palas

Los riesgos más importantes del buje y palas son los atrapamientos con el eje principal del aerogenerador y las posturas forzadas en los espacios de acceso al buje y en el trabajo en el interior de las palas. En la figura 7 se puede observar cómo se accede al buje y en la figura 8 el trabajo en el interior del mismo. Cuando la velocidad de viento es superior a la recomendada por el fabricante para permanecer en esta zona, podría no funcionar el sistema de bloqueo lo que podría suponer un riesgo de atrapamiento, o bien podría incrementar el riesgo de desplome del equipo. Otro factor a tener en cuenta es la dificultad de evacuación del trabajador ante una situación de emergencia.

La atmósfera en el interior del buje puede ser deficiente en oxígeno, debido a la hermeticidad del espacio o a la presencia de sustancias químicas en su interior (N_2 de los acumuladores, disolventes de limpieza) por lo que el espacio podría considerarse como espacio confinado o zona peligrosa.

El riesgo de caída de altura en esta zona podría ser provocado por una rotura de la fibra del cono o nariz de las palas.

Las palas se comunican con el buje y no son independientes del mismo, debido a su configuración la presencia de una atmósfera deficiente en oxígeno en ellas es mucho más probable. Al igual que en el buje, la evacuación es



Figura 7. Acceso al interior del buje



Figura 8. Trabajo en el interior del buje



Figura 9. Acceso a palas.

difícil en caso de producirse una emergencia. En la figura 9 se observa el acceso a una pala. El trabajo en su interior puede además causar riesgo de caída de altura por rotura de fibra y atrapamiento con el eje principal por fallo en los dispositivos de bloqueo. No todas las palas son accesibles, ni permiten el trabajo en su interior tal y como se indica en el manual de instrucciones de la máquina. Un riesgo importante es el debido a quedar atrapado en su interior al superar la distancia máxima que pueden recorrer los trabajadores en el interior del conducto y el de posturas forzadas por la dimensión reducida del espacio.

Los riesgos en las palas también varían en función del tipo de trabajo que se realice, así por ejemplo, determinadas tareas como el lijado de la pala y la posterior aplicación de resinas para su reparación pueden generar una atmósfera potencialmente explosiva en su interior que provocaría un riesgo de incendio y explosión así como de exposición a polvo de pala⁷ y de resinas que debe ser evaluado específicamente.

Exterior de la góndola (capota)

En esta zona el riesgo más importante es el de caída de altura, y en ocasiones puede verse incrementado por las condiciones climatológicas (suelo de la góndola mojado, restos de hielo, deslumbramientos por fuerte radiación solar, velocidad de viento elevada, etc.). En la figura 10 se observa la tarea de comprobación del anemómetro y veleta.



Figura 10. Trabajos en la parte superior de la góndola.

7. La composición de las palas varía en función del fabricante, aunque principalmente está formada por fibra de vidrio, fibra de carbono, madera de balsa, resinas poliéster o epoxi y adhesivos (vinilester, epoxi, poliuretano).

En la tabla 3 se resumen los principales riesgos y factores de riesgo de las tareas realizadas en la góndola, específicos para el buje y las palas y el exterior, y comunes a todos.

Zona	Riesgos específicos/Factores de riesgo		Riesgos comunes/Factores de riesgo	
Buje y palas	Atrapamiento	<ul style="list-style-type: none"> Elementos móviles rotor, buje y palas Fallo dispositivo de seguridad Caída tensión de red Dimensiones reducidas de boca hombre del buje y las palas 	Explosión	<ul style="list-style-type: none"> Arco eléctrico Circuitos armarios eléctricos y generador condensadores
	Caída de altura	<ul style="list-style-type: none"> Desplome fibra, fisuras, grietas Superar peso máximo autorizado Falta de tapas de las palas o en mal estado Anclaje incorrecto EPI inadecuados 	Contacto eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> Armario eléctrico, generador y condensadores Componentes polipasto-puente grúa Falta de mantenimiento
	Proyección partículas/sustancias químicas	<ul style="list-style-type: none"> Circuito hidráulico a presión 	Explosión circuitos a presión	<ul style="list-style-type: none"> Gas a presión, conductos y válvulas circuito y grupo hidráulico
	Incendio y explosión	<ul style="list-style-type: none"> Polvo lijado palas Focos ignición 	Atrapamiento	<ul style="list-style-type: none"> Eje lento, engranajes multiplicadora, acoplamiento, disco de freno, pinza de freno, generador, sistema regulación paso variable, polipasto y puente grúa
	Exposición sustancias químicas	<ul style="list-style-type: none"> Fluido hidráulico Grasa Gas comprimido Productos limpieza Polvo lijado palas y resinas en la reparación 	Golpes/Cortes Caídas de objetos a distinto nivel	<ul style="list-style-type: none"> Estructura Polipasto y puente grúa Herramientas y equipos Material cerca de aberturas y huecos Utilización polipasto y puente grúa Falta revisiones elevadores Aberturas y huecos desprotegidos
	Asfixia	<ul style="list-style-type: none"> Deficiencia oxígeno (gas comprimido en circuito hidráulico) 	Atrapamiento	<ul style="list-style-type: none"> Eje lento, engranajes multiplicadora, acoplamiento, disco de freno, pinza de freno, generador, sistema regulación paso variable, polipasto y puente grúa
	Desplome estructura	<ul style="list-style-type: none"> Fibra buje y palas en mal estado Superar peso máximo 	Golpes/Cortes Caídas de objetos a distinto nivel	<ul style="list-style-type: none"> Estructura Polipasto y puente grúa Herramientas y equipos
	Exposición temperaturas extremas	<ul style="list-style-type: none"> Calor y frío 	Caídas de objetos a distinto nivel	<ul style="list-style-type: none"> Material cerca de aberturas y huecos Utilización polipasto y puente grúa Falta revisiones elevadores Aberturas y huecos desprotegidos
Exterior góndola	Caída de altura	<ul style="list-style-type: none"> Fallo procedimiento de trabajo Fallo fibra Insuficientes puntos anclaje EPI inadecuados o sin conexión Climatología adversa 	Exposición productos químicos	<ul style="list-style-type: none"> Fluido hidráulico, grasa, productos de limpieza, polvo generador, humos soldadura, etc.
	Caída mismo nivel	<ul style="list-style-type: none"> Superficie exterior deslizante Climatología adversa 	incendio	<ul style="list-style-type: none"> Focos ignición eléctricos y mecánicos Materiales combustibles
	Caída de objetos	<ul style="list-style-type: none"> Manipulación inadecuada de herramientas y equipos No disponer o no utilizas portaherramientas adecuados 	Proyección partículas/sustancias químicas	<ul style="list-style-type: none"> Fluido hidráulico a presión
	Radiación solar	<ul style="list-style-type: none"> Luz natural directa y reflejada 	Contacto térmico	<ul style="list-style-type: none"> Aceite, engranajes o partes metálicas a altas temperaturas Componentes armario eléctrico y generador Elementos sujetos a fricción
Riesgos comunes/Factores de riesgo				
Caída de altura	<ul style="list-style-type: none"> Falta protección aberturas, huecos y escotilla lateral Trampillas abiertas Uso inadecuado de polipasto y puente grúa Fibra en mal estado Insuficientes puntos anclaje EPI inadecuados o sin conexión Falta mantenimiento EPI 	Sobreesfuerzos/Posturas forzadas	<ul style="list-style-type: none"> Cargas pesadas Espacios reducidos Boca de hombre buje y palas 	
Desplome estructura Superar peso máximo estructura plataforma, buje, palas y polipasto-puente grúa	<ul style="list-style-type: none"> Fibra en mal estado Falta de mantenimiento 			

Tabla 3. Resumen de riesgos y factores de riesgo en la góndola (buje, palas y exterior) de un aerogenerador de eje horizontal

BIBLIOGRAFÍA

Real Decreto 1215/1997, del 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los trabajadores de los equipos de trabajo.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.

Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de la utilización de equipos de trabajo.
INSHT. Edición 2011.

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.

Guía Técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico.
INSHT. Edición 2009.

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.

Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo.
INSHT. Edición 2013.

Agradecimientos

Imágenes cedidas por Acciona y E.R.O.M (Grupo Acciona)