

Manual de Mantenimiento

Para Pequeñas Turbinas de Viento

Localmente Construidas



WindEmpowerment

2017

Gaël Cesa , Marie-Laure Brunel , Jérôme Strasilla

Manual de Mantenimiento

Para Pequeñas Turbinas de Viento Localmente Construidas

Versión 3.0



Contenido y Diseño:

Grupo de trabajo en Mantenimiento:

Marie-Laure Brunel, Gaël Cesa, Jérôme Strasilla

Fecha de publicación:

November 2016

Agradecimiento:

Hugh Piggott, Jay Hudnall, Christophe Glaziou, Valéry Benton

En colaboración con:



RESEAU TRIPALIUM

Financiado por:



Content

Content.....	page 3
1 Preface & introduction.....	page 4
2 Safety & precautions.....	page 5
3 Environmental factors.....	page 6
4 Tool list.....	page 9
5 Lowering and raising the turbine.....	page 12
5.1 Securing the area and the WT.....	page 12
5.2 Lowering the WT.....	page 15
5.3 Disassembling the WT.....	page 17
5.4 Re-assembling the WT.....	page 18
5.5 Raising the tower.....	page 19
6 Maintaining your wind turbine system.....	page 21
6.1 Blades.....	page 21
6.2 Alternator & frame.....	page 23
6.3 Tower & foundation.....	page 29
6.4 Electrical system.....	page 31
7 Service frequency.....	page 36
8 Check list.....	page 37
9 Troubleshooting.....	page 40
10 Logbook.....	page 43
Appendix.....	page 45

1 Prefacio e Introducción

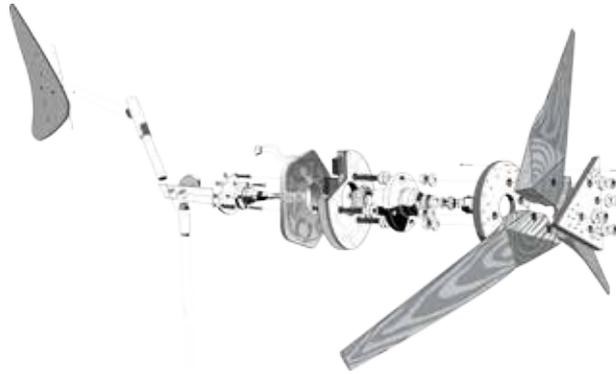
Prefacio

El presente documento es un manual de mantenimiento para Pequeñas Turbinas Eólicas (SWT por sus siglas en inglés) basadas en el diseño "Piggott", desarrollado por la asociación WindEmpowerment (WE) (<http://www.windempowerment.org>). Fundada en Senegal en 2011, WindEmpowerment participa en el desarrollo de pequeñas turbinas fabricadas localmente para la electrificación rural sostenible alrededor del mundo.

El Grupo de Trabajo en Mantenimiento (WG por sus siglas en inglés) fue formado en Atenas durante la 2^{da} conferencia global, con la siguiente visión de grupo:

"Empoderar mutuamente a las personas para mantener sus turbinas funcionando."

Tripalium (red Francesa para las Turbinas Eólicas *Piggott*: <http://www.tripalium.org>) produjo las primeras dos versiones de un manual de mantenimiento que ha sido traducido a la versión en inglés por WindEmpowerment. La 3^{ra} versión es el resultado de 6 meses de trabajo en equipo. El objetivo es incrementar la autonomía de los usuarios para producir su propia electricidad al ser capaces de operar y mantener sus turbinas de viento. Este manual está disponible para descarga gratuita en la web de WE y de sus miembros. Sin embargo, las donaciones son oportunas para apoyar una futura edición de este manual de mantenimiento. Todos los operadores de SWT están invitados a descargar e imprimir el manual y mantenerlo cerca de su turbina.



Introducción

Las turbinas de viento son una forma fascinante de producir electricidad y aumentar la autonomía energética. En un buen lugar pueden producir la mayoría de sus necesidades con los frutos de sus esfuerzos.

Muchas turbinas eólicas inspiradas y basadas en el concepto desarrollado por Hugh Piggott han sido construidas alrededor del mundo. Mientras que la mayoría de las turbinas construidas de acuerdo con estas especificaciones funcionaron bien inicialmente, muchas se estropean después de un tiempo debido a la falta de un mantenimiento adecuado. Este es un problema particular para los miembros de WE que implementan proyectos de electrificación en áreas apartadas de países en desarrollo, donde la capacidad técnica para realizar reparaciones es baja y los tiempos de desplazamiento a los sitios de instalación son particularmente largos.

Esta 3^{ra} edición del manual incluye mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo a los problemas comunes que están sucediendo, basados en nuestra experiencia y la retroalimentación de los miembros de WE de todo el mundo.

Se tienen en cuenta factores ambientales que influyen en necesidades de mantenimiento, una lista de herramientas que se necesitan para trabajar, las etapas de mantenimiento, procedimientos de mantenimiento más detallados, solución de problemas, una lista de verificación y finalmente una página de fallas con historias de lo que salió mal en diferentes sitios donde se instalaron SWT.

Sin embargo, otros eventos no listados pueden ocurrir. Por esta razón este documento está destinado a ser actualizado en el futuro. Una base de datos estará disponible en línea para supervisar las acciones de mantenimiento de las SWT pero también las fallas o averías que ocurran, por lo que le animamos a que nos envíe sus comentarios a **windempowerment.group@gmail.com** para ayudarnos a mejorar futuras ediciones. Este manual está enfocado principalmente en el concepto de diseño de SWT Piggott con una torre cableada, para sistemas fuera de red y conectados a red. Sin embargo puede ser útil para turbinas fabricadas comercialmente.

Esperamos que este trabajo le ayude a operar y mantener su turbina para que pueda alcanzar su máximo potencial.

2 Seguridad y precauciones

Safety should be your primary concern during all maintenance actions performed on your small wind installation and particularly when raising and lowering the tower. Be attentive for risks that may arise from both electrical and mechanical components.

A diferencia de la mayoría de los manuales de mantenimiento de productos manufacturados, te recomendamos enérgicamente que desmontes tu turbina.

Revisar la predicción del clima antes de planear un servicio de mantenimiento.

Antes de cualquier acción de mantenimiento es absolutamente esencial:

Frenar la turbina usando el interruptor de corto circuito (ver la figura 1).

Riesgos mecánicos



Desmontaje del generador de imanes permanentes:

Los rotores tienen imanes muy potentes, por lo tanto es peligroso tener objetos metálicos o herramientas cerca de ellos. Cuando los dos rotores son retirados, deben ser almacenados a una distancia apropiada entre sí, al menos 1.5 m.

Tener cuidado cuando se desmontan las **aspas** para almacenarlas en un lugar seguro y evitar cualquier daño.

Riesgos eléctricos

Cables de poder



Riesgo de electrochoque al tocar cables vivos con sistemas integrados a la red (200 V). Para voltajes menores como 24 V y 48 V, riesgo de electrochoque al tocar cables vivos desconectados mientras la turbina está girando libremente.

Baterías



- Un corto circuito en los cables conectados a las baterías puede causar un incendio o una explosión.
- Cargar una batería de plomo-ácido emite hidrógeno, el cual es altamente explosivo.
- Asegurarse que el área donde está localizada la batería está debidamente ventilada.
- Tener cuidado con las chispas, llamas u otras fuentes de ignición!

Peligros magnéticos



Si usted tiene un marcapasos u otro dispositivo médico, manténgase alejado!

Los generadores de imanes permanentes tienen un **campo magnético particularmente potente**.

Equipo de seguridad

Nosotros le recomendamos usar equipo de seguridad como guantes, zapatos de seguridad y un casco de seguridad. Pero recuerde que la mejor seguridad es trabajar con inteligencia y asegurarse que las personas a su alrededor se comportan igualmente de manera responsable.



Fig. 1: Interruptor de frenado.

3 Factores ambientales

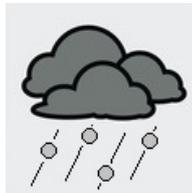
La siguiente tabla ofrece una visión general de los factores que pueden influir significativamente en la vida útil de una SWT.

Los peores enemigos de las SWT son:

- Vientos fuertes y condiciones turbulentas de viento
- Agua
- Sal
- Arena/erosión
- Falta de mantenimiento

Si una turbina está operando bajo uno o más de estos factores, requerirá mantenimiento preventivo más frecuente.

Tab. 1: Factores ambientales que influyen en la vida útil de una SWT

Factores	Riesgos	Contra medida	Partes más sensibles
Relámpagos 	<p>Destrucción del sistema (turbina y sistemas electrónicos)</p> <p>En sistemas integrados a red: Riesgo de quemar el inversor y los sistemas electrónicos por una caída de la red.</p>	<p>Todas las guayas deben estar conectadas junto con la torre a una barra de tierra o al menos conectadas a la tierra al lado de cada anclaje.</p> <p>El sistema eléctrico también debe estar conectado a la misma barra de tierra a través de un cable de tierra a la torre.</p> <p>Asegúrese de que hay un pararrayos entre la torre y la electrónica.</p> <p>En una conexión integrada a la red, asegurarse de que haya un pararrayos entre la red y el inversor.</p>	<p>Sistemas electrónicos</p> <p>Anclajes</p>
Aire salino 	<p>Corrosión de los imanes (herrumbre dentro de la resina), cable de acero y partes metálicas (torre, estructura, etc.).</p> <p>Desgaste de componentes de madera contrachapada (especialmente si se tiene madera contrachapada de baja calidad).</p>	<p>Proteger los materiales metálicos expuestos y rotores de la WT con una pintura anticorrosiva.</p> <p>Cambie las fijaciones oxidadas y los cables por inoxidable. Si se tienen galvanizados, protegerlos con aceite viejo del carro u otro tipo de grasa. Proteger las cadenas vertiéndolas en el hormigón (ver figuras 2 y 3). Si los imanes están corroidos, fabricar nuevos rotores y pintar o galvanizar los discos y usar resina epóxica. Usar también imanes de revestimiento epoxico. Usar contrachapado de alta calidad o cambiar por piezas metálicas.</p>	<p>Imanes de neodimio</p> <p>Cable de acero</p> <p>Otras partes metálicas (estructura, veleta, torre)</p> <p>Piezas de madera contrachapada.</p>
Granizo 	<p>Aspas afectadas por erosión.</p> <p>Veleta dañada</p> <p>La pintura en las piezas de metal puede ser removida.</p>	<p>Fijar los orificios y las partes erosionadas con resina epóxica y proteger las aspas con pintura o barniz de poliuretano</p> <p>Proteger la madera contrachapada de la veleta con resina o barniz de poliuretano.</p>	<p>Aspas</p> <p>Veleta</p>

Tab. 1: Factores ambientales que influyen en la vida útil de una SWT

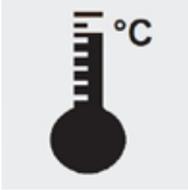
Factores	Riesgos	Contramedida	Partes parts
Ambientes salinos 	Efectos abrasivos	<p>Pintar tus aspas con capas de diferente color. Si la capa de un color queda expuesta por erosión, resturar la superficie del aspa con una nueva capa.</p> <p>Poner algo de cinta en el borde de ataque para proteger la turbina, o protegerla con resina epóxica.</p> <p>Remover la sal de la base de la torre regularmente.</p> <p>Proteger los alambres y los accesorios de sujeción con aceite viejo de carro u otro tipo de grasa.</p>	Aspas Base de la torre Anclajes Partes metálicas
Climas calientes y secos 	Sobrecalentamiento de componentes eléctricos (Altas temperaturas pueden reducir la vida de la batería más del 75%).	<p>No pintar el estator, esto ayuda al enfriamiento de las bobinas por el aire del ambiente.</p> <p>Asegurarse que todos los componentes eléctricos están ventilados y no estén encerrados.</p> <p>Asegurarse que las baterías estén refrigeradas por aire: ponerlas en una tabla de madera, probar el aire acondicionado y un buen aislamiento en el cuarto de las baterías.</p>	Componentes eléctricos y electrónicos.
Climas fríos 	<p>La formación de hielo induce grietas y aspas desbalanceadas.</p> <p>Infiltración de nieve y hielo dentro de las cajas de conexiones y las grietas de resina.</p>	<p>Comprobar la estanqueidad de las cajas de conexión y las conexiones de los cables en el interior, cámbielas si es necesario.</p> <p>Comprobar y reparar los orificios y grietas en las aspas y en los componentes de resina.</p>	Alabes Conexiones eléctricas



Fig. 2: Conexión de tierra de la torre y los sistemas electronicos.



Fig 3 : Arena en la base de la torre.

Tab. 1: Factores ambientales que influyen en la vida útil de una SWT

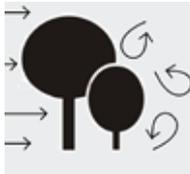
Factores	Riesgo	Contra medida	Partes más sensible
Tormentas 	Vibraciones fuertes en el sistema completo pueden romper las aspas y/o la veleta.	Bajar la turbina si la tormenta es pronosticada o inspeccionar la turbina después de la tormenta.  Nosotros recomendamos dejar la turbina girando porque al frenarla, una fuerte velocidad de viento puede ser más fuerte que la fuerza contraelectromotriz (BEMF por sus siglas en inglés) con un alto riesgo de quemar las bobinas y al mantener las aspas en el viento, se generan restricciones mecánicas más fuertes en el área de las aspa, con un alto riesgo de falla.	Turbina Torre
Turbulencia 	El cable eléctrico en la parte inferior de la torre se retuerce con mayor frecuencia. Las vibraciones en la turbina y la torre pueden incrementar el riesgo de falla. Desgaste del sistema de enrollado.	Usar un mástil más alto para elevar el aerogenerador por encima de la vegetación y los obstáculos cercanos. Desenroscar el cable en la parte inferior de la torre con más frecuencia. Comprobar el balanceo de la turbina con más frecuencia. Fortalezca la veleta de la cola.	Cable eléctrico Turbina Torre
Lluvia 	Infiltración de agua en las aspas, madera contrachapada, rotores y cajas de conexiones. Corrosión.	Reparar los agujeros y grietas en las aspas y las piezas de resina. Asegurarse que las cajas de conexiones continúan impermeables o reemplazarlas. Proteger la veleta con resina o barniz de poliuretano.	Componentes eléctricos Rotor Estator Aspas



Fig 4 : Guayas protegidas con aceite usado.



Fig 5 : Cadenas vertidas emn concreto.

4 Lista de Herramientas

Si su instalación es particular (por ejemplo, si el poste grua está desmontado) considerar que puede necesitar más herramientas y algunas piezas específicas.

Para bajar y subir la torre

Tab. 2: Lista de herramientas para bajar y subir la torre.

Designación	Cant.	Características	
Poste grua y cable de izaje (y tirar desde una torre de 24 m)	1	Hasta 2.4 m y 8 m de altura: 800 kg; 20 m de cable	Desde 3 m; 18 m o 24 m de altura: 1,6 ton; 25 m de cable
Llave	2	Tamaño grande (22, 24 o 26...) para torre y poste grua	
Cables	1 o 2	3 x longitud del poste grua	
Alicates de uso múltiple	1	Largos	
Grillete	3	Igual o mayor a la carga máxima de tracción del montacargas.	
Lubricante	1	Tipo WD40	
Tripode o caballete	1	Lo suficientemente alto para evitar que las aspas toquen el suelo	

Para desensamblar, revisar y reparar la turbina

Tab. 3: Lista de herramientas para desmontar, revisar y reparar la turbina

Designación	Cant.	Características	Torre	Aspas	Alternador	Marco/cola	Eléctricos
Martillo/mazo	1			X			
Llaves	2 de c/u	Tamaños corrientes para WT: 17, 19, 22			X		
Llave ajustable	1	Lo suficientemente grande para la tuerca del rodamiento			X		
Llaves pequeñas	2 de c/u	8 a 13	X			X	X
Destornilladores	2	1 pequeño (para desatornillar los terminales) y 1 normal					X
Destornilladores de estrella (o Philipps)	2	2 tamaños diferentes: 1 pequeño y 1 grande					X
Pinza de corte	1				X		X
Alicates universales	1				X		X
Tornillos elevadores	3				X		
Destornillador inalámbrico con brocas	1			X			
Trozos de tela	2		X	X	X	X	
Lima	1					X	
Multímetro	1						X

Consumibles y piezas de repuesto

Tab. 4: Lista de consumibles y piezas de repuesto

Designación	Cant.	Características
Lijas	1	Diferentes numeraciones
Silicona	1	
Pegante para madera	1	
Aceite de linaza	1	Opcional
Resina epóxica y endurecedor	1	
Barniz de poliuretano	1	En 2 componentes
Pegamento epoxi	1	En 2 componentes
Cepillos	3	
Pintura anticorrosiva	2	
Trementina mineral	1	
Grasa	1	
Removedor de grada	1	Como limpiador de ventanas
Traba roscas	1	Opcional
Cinta eléctrica	1	
Alambre de acero	1 o 2 m	
Paquetes de correas plásticas	2	Pequeñas y grandes
Tuercas	6 de c/u	M6, M8, M10, M12 y/o M14; acero inoxidable
Tornillos	6 de c/u	
Arandelas	6 de c/u	D6, D8, D10, D12 y/o D14; normales y grandes; acero inoxidable
Tornillos de madera	20	M5; zincados o de acero inoxidable
Abrazaderas de cable	20	6 u 8 (de acuerdo al diámetro del cable metálico); acero galvanizado
Dedales para cable	10	
Grilletes para cable	4 de c/u	Diámetro 8 y 12
Tensores	2	Para cables de diámetros 6 u 8 mm
Caja de conexiones	1	
Cables	1m de c/u	Un filamento, 2,5 mm ² , 4mm ² , 6mm ² , 10mm ²
Bloques de terminales eléctricos	6 de c/u	10 y 16 mm ²
Terminales eléctricos	10 de c/u	Medidas diferentes
Fusibles	2	Revisar las características del sistema (corriente máxima)
Juego de rodamientos	1	

5 Descenso y elevación de la turbina

Usualmente la torre de una turbina eólica Piggott es hecha de tubos ensamblados y mantenida en posición vertical por cables de acero.

Las operaciones de bajada y elevación de la turbina se realizan con un poste grúa y un polipasto. Puede ser peligroso, no tomar riesgos innecesarios. El principal riesgo es que la **torre** y la **turbina caigan**. En el peor de los casos, una persona puede resultar gravemente herida. Esto puede ocurrir en caso de:

- Uno o varios cables metálicos se rompan en el mismo costado.
- Un cable del polipasto se rompe o se libera anormalmente (problema con la palanca de freno del polipasto)
- Viento fuerte

Para prevenir este riesgo, seguir las operaciones de precaución de seguridad.

Para la inspección eléctrica es importante que la turbina esté operando. Por lo tanto, vaya a la sección 6.4 para ver los pasos que deben realizarse antes de bajar la turbina.

Se requiere un equipo de al menos dos personas con experiencia pero cuatro personas hacen el trabajo mucho más fácil.

5.1 Asegurar el área y todo el sistema

Advertencias de seguridad:

Un casco es obligatorio para las personas que trabajan en el “área de trabajo” (ver figura 9, p.13) las personas sin casco deben mantenerse fuera de esta área.

Una persona dirige todas las operaciones y explica los riesgos y precauciones a los demás.

Nadie puede pararse o pasar por la dirección de descenso de la torre durante toda la operación (ver el área roja peligrosa en la figura 9, p.13)!

Asegurarse que la velocidad del viento está por **debajo de 7m/s**.

Después de revisar el sistema en **Operación** (ver sección 6, p21), **encender** el freno del circuito (ver figura 8).

Revisar y **remover cualquier obstáculo** que pueda **interrumpir** la operación, especialmente en la base, los anclajes y en el área de la dirección de descenso. Asegurarse que el cable eléctrico no sea presionado durante el proceso.



Fig. 8: Interruptor de freno

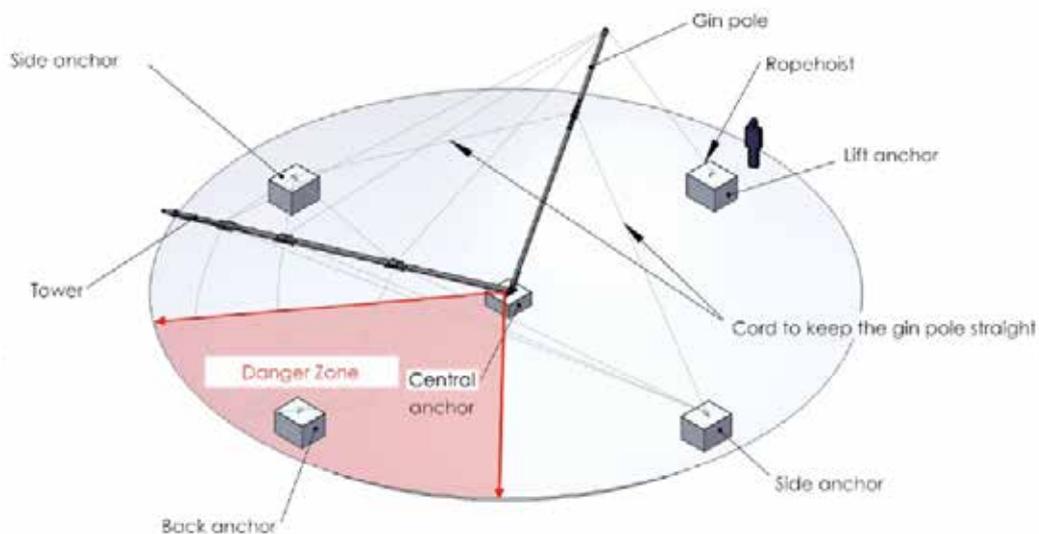


Fig. 9: Área de trabajo y zona segura

Instalación del poliásto de tracción

NB: Se supone que el poste grúa ya está sujeto a la torre. Si este no es el caso, asegúrese de montarlo correctamente entre la base de la torre y el anclaje de elevación. Usted necesitará quitar los cables metálicos del anclaje trasero para sujetarlos al poste grúa: Asegure el sistema al polipasto por el ancla primero y quite los cables metálicos del poste grúa **uno por uno** (o juntos si están atados en la misma parte). De lo contrario, la torre puede caer sobre la dirección opuesta.



Fig. 10: Polipasto para tracción de la guaya

Instalar el polipasto apropiadamente:

Soltar el freno del polipasto ('Freno', figura 10)

- Palanca de tracción** : Para elevar la torre
- Palanca de liberación** : Para descender la torre
- Freno** : ON para activar el polipasto
OFF como en la figura 10



Fig. 11: Parte externa del poste grúa con el polipasto

Insert the full wire from the extremity without hook into the hole, going out from the pin side.

Fasten the rope hoist to the lift anchor with a strong shackle and fasten the rope hoist hook to the gin pole extremity plate with another shackle (see figure 11).

Enganche el freno del polipasto (ver figura 10).

Sujete 2 cuerdas entre el poste grua y cada anclaje lateral (ver figura 11).

Sujete una cuerda o correo en la guaya en la dirección de descenso (usado para jalar la guaya para ayudar a bajar la torre al principio de la operación):



Fig. 12: Correa en la guaya superior (dirección de descenso)

Desatornillar el tensor que conecta el poste grua con el ancla (este puede ser un trozo de cadena o de guaya).

Quitar el cable de seguridad que bloquea los tensores:

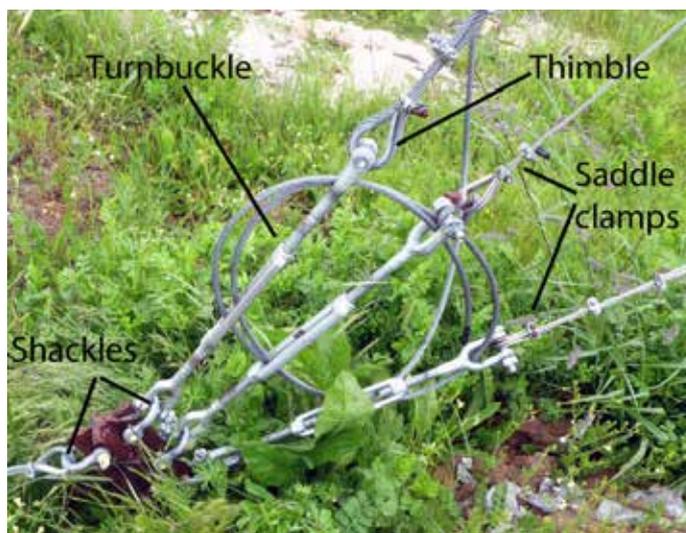


Fig. 13: Guy wire fastenings

Put a support like a saw horse or a shipping crate in the lowering direction, where the top of the tower is expected to touch the ground. Place a palette or table close-by in order to support the tail (see figure 16, p.16) so that the blades are facing the sky.

5.2 Descenso de la turbina

Mano de obra (4 personas si es posible):

- Una persona operando el polipasto, revisando la verticalidad de la torre y de poste grúa, pendiente de cualquier evento anormal y estando en coordinación con el equipo.
- Una persona por cada anclaje lateral manteniendo las cuerdas, controlando la tensión del cable y teniendo cuidado de la posición de ... schackle and turnbuckle position
- Una persona en el anclaje de atrás, pendiente the la dirección de descenso, jalando la guaya

Empiece activando la palanca delantera (ver figura 10, p.13) para soltar el poste grúa mientras tensiona la guaya de atrás con la strap o la cuerda para yudar a bajar la torre. **Lejos de la torre!** Como se muestra en la figura 14:



Fig. 14: Pulling top guy wire strap

Continúe bajando la torre y revisando que el poste grúa están verticales todo el tiempo, de otra manera avisar al operador del ancla lateral para ajustar la tensión de la cuerda. Si la torre está oscilando, reducir el ritmo de descenso.



Fig. 15: Bajando la torre.



En caso de un problema **puede parar de activar el polipasto** o incluso volver a subir la torre en cualquier momento si es necesario (cambiando el brazo hasta la palanca de tracción).

Afloje más tensores e incluso abrazaderas **si los cables están muy tensos**.
(No debería ocurrir si los anclajes están bien afinados y en el mismo nivel)

Una vez la turbina está cerca del suelo, ajustar la posición del caballete teniendo cuidado de que las aspas nunca toquen ni el suelo ni el caballete.

Cuando pueda alcanzar la turbina, 2 personas toman la cola **cuidadosamente** y la orientan para que las aspas queden **apuntando hacia arriba** y evitar que se giren. Ubicar la cola en posición de furling y recostarla contra algún soporte como un paleta o tabla para mantener la turbina estable.

Si necesita dejar la torre abajo por mucho tiempo,
no deje el polipasto bajo la lluvia, nieve o arena...
bajar el poste grúa, y remover el polipasto temporalmente.



Fig. 16: Turbina bajada

5.3 Desmontar la turbina de viento

De acuerdo al nivel de mantenimiento, no tendrá que quitar el alternador sino sólo las aspas. En este caso, omitir la sección “Extracción del alternador y del bastidor” y en la siguiente sección “5.4 Reinstalación de la turbina”, vaya directamente a “reinstalación de las aspas”.

Quitar las aspas

Antes de remover las aspas, **asegurese que hay una marca para localizar la posición** de las aspas del rotor hacia el alternador y una varilla roscada.

Si no es así, hacer una marca en la varilla roscada y en el triángulo que sostiene las aspas (ver figura 17).

Remover las tuercas y arandelas y retirar las aspas lentamente jalándolas desde el núcleo de cada una al mismo tiempo. Ponerlas en un lugar seguro donde nadie pueda dañarlas.

Si necesita desmontar las aspas, **asegurese** que hayan **algunas marcas** en cada aspa y en las piezas de mantenimiento (disco y triángulo) para localizar su posición (ver figura 18), **antes** de desensamblarlas. **De lo contrario, hacer estas marcas.**



Fig. 17: Marca en la varilla roscada y el triángulo.



Fig. 18: Marca en las aspas y el triángulo.

Extracción del alternador y del marco

Primero, retire la cola de su bisagra mientras alguien sostiene el alternador. Si hay una arandela libre en la parte superior de la torre, quítela.

Desconecte el **cable trifásico** en la caja de conexiones y retire el alternador y el marco de la bisagra superior de la torre.

Tener cuidado de que el cable trifásico no se deslice dentro de la torre, **sosténgalo!**
Haga un nudo con el cable o fíjelo con algún objeto.

Para pruebas e inspecciones ver la sección 6.2 Alternador y marco, p. 23.

5.4 Reensamblar la turbina

Reinstalar el alternador y el marco

Inserte la arandela (si está aparte del tope de la torre) en la parte superior de la torre y aplique algo de grasa en ella y en el tope de la torre.

Sujete un cable de acero en el extremo del cable trifásico que viene de la torre e inserte el cable dentro del tubo de guiñada del marco.

Conecte el cable trifásico en la caja de conexiones, si es necesario ponga **nuevos bloques de terminales** y sujete los cables al marco con amarres plásticos.

Ponga algo de grasa en la visagra de la cola.

Inserte la cola en la bisagra posición furling **mientras 1 o 2 personas empujan el alternador** para orientar los pernos hacia el cielo. Coloque la cola contra su soporte (ver figura 20).



Fig. 19: Instalación del alternador y el marco



Fig. 20: Instalación de la cola

Reinstalación de las aspas

Asegurese que el alternador y la cola están estables antes de montar las aspas.

Revise la varilla roscada marcada, ubique e inserte las aspas prudentemente.

Poner las arandelas y las tuercas.

Antes de apretar, verifique la posición de las aspas hacia la torre: ponga cada aspa (una por una) paralela a la torre para verificar la distancia entre la punta y la torre. Repita la operación para cada aspa para obtener la misma distancia en todos los puntos.



Fig. 21: Instalación de las aspas

Ajuste la abrazadera de cada tuerca para ver el espacio entre cada punta de aspa y la torre (apriete más la tuerca de un aspa si está muy alejada de la torre)

Atornille tuercas de seguridad o aplique traba roscas en cada tuerca.

5.5 Elebación de la torre

Todos vuelven a cada ancla como fué descrito en la sección 5.2 “Descenso de la turbina“. Al menos **dos personas se quedan cerca de la turbina**. Asegúrese que **la correa está todavía en posición** en la parte superior de la guaya en la dirección de descenso.

Coloque el brazo en la palanca de tracción del polipasto y comience a activar la palanca lentamente mientras sostiene la cola y las palas (ver figura 22) porque intentarán abrirse abruptamente y puede tocar el suelo (y dañarse).

No permanezca debajo de la torre !



Fig. 22: Soporte de cola y aspas



Fig. 23: Polipasto para elevación de la torre

Una vez la torre está en posición casi vertical, jale la guaya superior de la dirección de descenso con la tira sujeta (ver figura 14, p.15). Esto evita que la torre haga un movimiento abrupto para caer de la posición vertical porque el peso del poste grúa está tirando la torre hacia atrás.

Al final de la operación, revisar la posición vertical de la torre con un nivel (en las cuatro direcciones) y también mirando las partes superiores de la torre (ver figuras 24 y 25).

Revise la tensión de las guayas y ajústelas. Apriete los tensores y/o las posiciones de las abrazaderas de cable.



Fig. 24 : Revisión de la verticalidad en la parte inferior de la torre



Fig. 25 : Revisión de la verticalidad en las partes superiores de la torre

Antes de retirar el polipasto, el poste grúa debe fijarse al punto de anclaje.

Fije el tensor unido a una cadena o a un trozo de guaya del anclaje de elevación.

Una vez el poste grúa está bien sujetado, retire el polipasto (gancho, grilletes, etc.) y las cuerdas laterales.

Revisar que todas las guayas y todas las fijaciones como abazaderas, tensores y grilletes estén bien apretados y asegurados.

Asegure los tensores con un alambre o un trozo de alambre de hierro (ver figura 13, p.14).

Finalmente desencadene la turbina (apague el freno).

6. Mantenimiento de su sistema de la turbina eólica

6.1 Aspas

Aspas de Madera

A pesar de que la madera es un muy buen material para las aspas, necesita un poco de cuidado porque la punta está rotando a unos 200 km/h.

Inspeccione el estado general de las aspas. Busque grietas, agujeros y otros daños. Tenga especial cuidado con el borde de ataque. Si está dañado puede arreglarlo con resina epoxi. Puede reforzarlo usando cinta BladeTape. Aunque la cinta BladeTape es costosa, conseguirá un resultado muy bueno.

Si observa una grieta severa en la fibra del grano de la madera, es posible que necesite reemplazar el aspa.

Es muy importante poner una nueva capa de protección en la superficie del aspa (aceite de linaza, poliuretano , etc.) cada vez que realice un mantenimiento. Especialmente si usa aceite de linaza: es mejor calentar el aceite y aplicar tantas capas como sea posible.

Otra opción menos ecológica pero eficiente es usar barniz, el poliuretano funciona muy bien y dura bastante tiempo.

Recuerde lijar ligeramente la superficie del aspa (usando una lija aspera) antes de aplicar cualquier producto.

Para facilitar el mantenimiento puede pintar las aspas con dos colores diferentes. Una vez que la pintura superior se quita verá el color de la otra capa indicando que es hora para un mantenimiento.

Revise que los pesos de balanceo estén bien sujetos.

Aspas de fibra de vidrio

Inspeccione grietas dentro de las resinas de la superficie. Inspect for cracks within the resin of the surface. Si ve algunas grietas, repárelas con un producto adecuado. De otra manera el agua puede ingresar y dañar el aspa completa.

También es recomendado limpiar las aspas regularmente (el limpia vidrios ha mostrado funcionar muy bien para este propósito).

Piezas de madera contrachapada

Madera contrachapada de baja calidad no parece durar mucho tiempo en condiciones externas que sean húmedas, arenosas o saladas.

Si la madera contrachapada pierde una o dos capas (ver figura 26): Retire la capa y aplique el mismo producto utilizado para las aspas.

Cambie el contrachapado si está muy dañado.

Una opción puede ser usar un trozo de metal hecha de acero inoxidable o aluminio en lugar de contrachapado.

Para turbinas de 3.6 y 4.2 m de diámetro puede usar arandelas grandes o una gran "arandela" (ver figura 27), especialmente en instalaciones en lugares turbulentos y tempestuoso.

Para la veleta de contrachapado, ver la sección 6.2 del marco y cola de la veleta "Alternador y marco", p.23.



Fig. 26: Contrachapado dañado

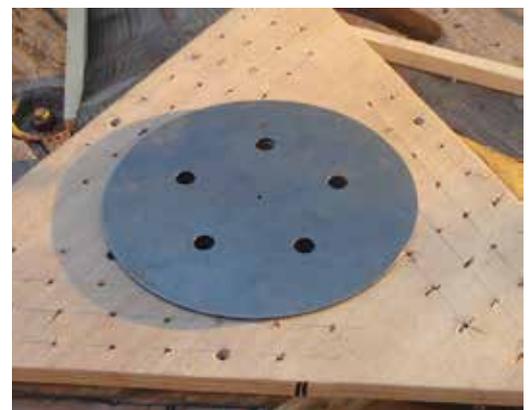


Fig. 27: Arandela grande

Balance de las aspas

Revisar el balanceo de las aspas mientras la turbina está girando. Si la veleta de la cola está teniendo pequeños movimientos a la derecha y a la izquierda, sus aspas podrían necesitar un nuevo balanceo.

Si no hay viento usted también puede revisar el balance de las aspas con la torre sobre su caballete.

Tener especial cuidado con el atornillado del peso de balanceo. Usar un buen número de tornillos que sean lo suficientemente largos (al menos dos).

Si olvidó como hacer el balanceo de las aspas, eche un vistazo a su manual de construcción de turbinas eólicas.

6.2 Alternador y marco

Desmontaje del alternador

Esta acción debe ser realizada si encuentra uno de estos dos problemas:

- Falla del rodamiento o
- Fricción entre el rotor y el estator.

También debe hacerse cada 3 años.

Usted necesitará los 3 tornillos de elevación para esta operación.

Nunca ponga sus dedos entre los discos del rotor, ya que se puede machucar!



Fig. 28: Desmontaje del alternador



Fig. 29: Marca en la varilla roscada y el agujero

El primer paso es retirar el rotor delantero, luego el estator y finalmente el rotor trasero:

El rotor debe estar a igual distancia todo el tiempo

Encuentre el agujero marcado (ver figura 29) o la en el perno que indica la alineación para reensamblar.

Si no puede encontrarlo, haga uno nuevo en el perno y llos dos rotores (antes de desensamblar).

Recuerde que es muy importante tener estas marcas de posición.

Desatornillar las tuercas del rotor delantero.

Atornille los 3 tornillos de elevación que van en el orificio cónico. Atornillelos simultáneamente para mantener los dos rotores paralelos todo el tiempo.

Cuando a alcanzado cerca de 10 cm, el campo magnético es suficientemente débil para poder jalar el rotor.

Almacenelo en un lugar limpio y seco, lejos de los componentes metálicos.

Quitar el estator. Recuerde la posición del estator (debe ser el cable en la parte inferior).



Fig. 30: Rotor delantero los 3 tornillos de elevación

Fig. 31: Fricción en el estator

Si detecta un juego significativo en el centro, abra todo para revisar y limpiar o cambiar el rodamineto de rodillos (ver el procedimiento p. 25).

Si el eje del núcleo no está soldado, desatornille las tuercas detrás del rodamineto del núcleo del rotor de cada perno y retire todos los pernos del rotor trasero.

Retire el rotor trasero cuidadosamente y póngalo en un lugar seguro, **lejos del otro rotor** (más de 1.5 m).

Revise grietas, fricción y cables sin esmalte en la estructura de resina del rotor y el estator, Necesitará cambiar los imanes si están corroidos (ver figura 32). Corte la resina y reemplace el corroido por un nuevo imán. Rellene el material sustituido con nueva resina y vuelva a pintar todo el rotor. Algunas veces las grietas de la resina ocurren en el borde del rotor (ver figura 33). Limpie la resina vieja que aparece y reemplacela por una nueva. Vuelva a pintar todo el rotor.



Fig. 32: Rotor dañado

Fig. 33: Grietas de resina en el borde del rotor Fig. 34: Estator que debe ser cambiado

Si alguno de los cables de cobre no tiene esmalte, debe aplicar algo de resina o un poco de pegamento (como pegamento epoxi).

También es necesario encontrar la causa del problema y solucionarlo (ver Solución de problemas en la p. 40).

Compruebe tener el mismo valor para la resistencia entre fases usando un multímetro.

Revise el cable trifásico que sale de la resina.

Sustitución del rodamiento de rodillos



Fig. 34: Kit básico de rodamientos



Fig. 35: Kit completo de rodamientos

Tendrá que cambiar el rodamiento a menudo.

La mayoría de las veces tendrá dos sets de rodamientos de rodillo:

- 1) El kit básico (figura 34) con los dos conos internos y los dos rodamientos de rodillo.
- 2) El kit completo (figura 35) con el kit básico más el sello de caucho, las tuercas, las arandelas, el pasador de seguridad (algunas veces opcional) y la tapa (algunas veces opcional).

Recuerde: Debe cambiar los dos rodamientos de rodillos a la vez.

Recomendamos conseguir el kit completo ya que es bueno tener piezas de repuesto como el pasador de seguridad y es difícil retirar el sello de caucho sin daarlo. Si es posible, utilice marcas de calidad como SKF o SNR.

Asegúrese de tener su espacio de trabajo y sus manos limpias de polvo cuando reemplace los rodamientos .



Fig. 36: Despiece completo de un rodamiento

Retire la tapa golpeándola suavemente hacia afue con un buril/cinzel.

Dependiendo de su cubo: Retire el pasador de seguridad, las tuercas y sáquelas con una inclinación adecuada.

Tenga cuidado con las tuercas ya que puede encontrarlas de rosca izquierda o derecha!

Quite la brida y retire el sello de goma usando un destornillador (ver figura 37). Si lo hace cuidadosamente, puede reutilizar el sello de goma.

Quite la carcasa externa golpeándola suavemente con un shift adecuado. Manténgala recta golpeándola de manera uniforme en lados opuestos teniendo cuidado de no dañar los asientos (ver figura 38). Si los daña puede lijarlos con un papel de lija número 400.



Fig. 37: Remove the seal



Fig. 38: Take out the outer shell

Puede ser difícil presionar la nueva carcasa del rodamiento en su asiento. La manera más fácil es usar la vieja carcasa cortada con la esmeriladora angular para hacerla menos rígida (ver figura 39) y úsela como un drift para poner la nueva carcasa. Use un martillo suficientemente largo o un martillo con un socket para asegurarse que la presión se divide efectivamente al rededor de toda la carcasa (ver figura 40). También puede usar una prensa.



Fig. 39: Corte la carcasa con una esmeriladora angular



Fig. 41: Bloquee la tuerca



Fig. 40: Ponga la nueva carcasa

No confunda el sentido de la carcasa!

Engrase los rodamientos completamente, pero no los sature de grasa.

Empiece colocnado el rodamineto trasero en la carcasa, luego ponga el sello de caucho. Póngalo en el eje y después coloque el segundo rodamiento seguido de una arandela y una tuerca. Apriete la tuerca. Gire el cubo y luego afloje un cuarto de vuelta para reducir la tensión en el rodamiento.

Dependiendo del tipo de cubo:

- Use la tuerca y pasador de seguridad. Use the safety nut and safety pin
- Bloquee la tuerca golpeándola en ambos lados con un buril (ver figura 41, p.26).

Añada algo de grasa en la tapa y póngala de nuevo cuidadosamente.

Puede encontrar un video animado de cómo abrir y cambiar el rodamiento en la siguiente página web:

<http://www.tripalium.org/blog/default/post/id/330-nouvelle-video-danimation>

Algunas personas experimentaron problemas de juego en el rodamineto cónico especialmente con las turbinas de 4.2 m de diámetro. Los problemas ocurrieron luego de algunos años cuando el rotor tocó el estator. Mejor utilice rodamientos“NE” que vienen con dos rodamientos de ranura profunda.

Ensamble del alternador

Realice el procedimiento de desmontaje en sentido inverso. Tenga mucho cuidado mientras acerca el rotor magnético. Los imanes deben enfrentarse. Utilice el agujero de referencia para encontrar la posición correcta.

Ensamble todas las partes y apriete bien todas las tuercas.

Desatornille los tornillos de elevación al mismo tiempo hasta que pueda retirarlos libremente.

Aplique traba roscas en todos los pernos del estator y en la parte trasera del cubo. Una gota de traba rosca es suficiente.

Revise la separación entre los rotores y el estator , debe ser alrededor de 2 o 3 mm. Recuerde que lo más importante es el voltaje a 60 rpm (ver tabla 6).

Puede ajustar la separación adicionando o retirando tuercas y arandelas.

Verificar el voltaje a 60 rpm.

Tab. 6: Voltaje (en V) a 60 rpm

Ø Turbina	1m20	1m80	2m40	3m00	3m60	4m20
12V	1,9	2,3	2,9	3,5	4,2	5,2
24V	3,4	4,2	5,3	6,5	7,7	9,4
48V	6,8	8,4	10,6	12,9	15,6	18,8
350V	-	-	-	41,6	62,6	52,2

Conexiones electricas

Compruebe la impermeabilización de la caja de conexiones.

Compruebe la estanqueidad de los bloques de terminales y asegúrese que es la correcta. Esto puede salvar su turbina: Hemos visto una turbina eólica que se salvó colgando solamente del bloque de terminales (ver figura 42).



Fig. 42: Bloque de terminales apretado evitando la caída Fig. 43: Veleta de cola reforzada

Marco y veleta de cola

Compruebe que el marco metálico no tenga herrumbre ni grietas en la soldadura.

Revise todas las demás partes móviles (tubo de bisagra de cola) y si es necesario, adicione nueva grasa. Compruebe el estado de la arandela dentro del rodamiento y si es necesario, reemplácela. Si falta la arandela, ponga una.

Recomendamos tener una arandela soldada y una libre para la torre y para el tubo de bisagra de la cola.

Algunas veces la cola y el tubo de bisagra de la torre están sujetos a un desgaste fuerte, por lo que tendrá que reemplazarlos.

Compruebe si hay grietas en la soldadura del marco y la veleta de la cola. La figura 44 muestra una grieta en el tubo de guiñada debido a una parada baja en un sitio muy turbulento. La turbina de 3.6 m de diámetro tenía solo 2 años de antigüedad.



Fig. 44: Grieta en la veleta de la cola

Si es necesario, refuerce la estructura (ver figura 43).

Una baja producción inesperada puede deberse a una veleta de cola ligera. Puede adicionar algo de peso en la veleta o revisar la superficie y el grosor de la madera contrachapada de la veleta.

Si experimenta grietas en la madera de la veleta en el extremo de las costillas de soporte, puede extender el brazo de la cola hasta el extremo del contrachapado y cambiar los soportes de dos diagonales a dos verticales.

Vuelva a poner las aspas en el alternador y el alternador en la torre.

6.3 Torre y base

Torre



Fig. 45: Grillete asegurado



Fig. 46: Guaya oxidada



Fig. 47: Habitantes de una caja de conexiones

Una vez la torre está abajo, eche un vistazo general a la apariencia de la torre en busca de óxido, pernos faltantes, grietas en la soldadura.

Tenga especial cuidado con el tubo de guiñada de la torre, es el que está sujeto al mayor desgaste.

Revise todos los pernos en la torre, la base del mástil y los ejes del poste grúa, los tesores y los grilletes. No olvide adicionar traba roscas al apretar.

Revise si los dedales para cable están en su posición correcta.

Compruebe que todas las abrazaderas para cable están bien apretadas. Si empiezan a oxidarse puede protegerlas con grasa.

Compruebe si todos los grilletes están bien asegurados (ver figura 45).

Compruebe si todos los tensores están asegurados y si los pernos están bien apretados.

Revise el estado general de las guayas. Si ve algo de óxido o incluso corrosión severa (ver figura 46) puede proteger los cables empapándolos con aceite de motor usado. Utilice un poco de combustible si el aceite necesita diluyente.

Si hay un filamento del cable roto , necesita cambiar el cable.

Recuerde que guaya galvanizada de alta calidad dura más tiempo, incluso en condiciones adversas. Para condiciones extremas utilice guaya y uniones de acero inoxidable.

Revise el estado general de los cables en la parte inferior de la torre. Esta es una pieza de desgaste que necesita ser cambiada de vez en cuando, dependiendo del lugar de instalación y de la calidad del cable. Desenrosque el cable eléctrico en la parte inferior de la torre.

Asegúrese que el cable es libre de girar en la parte inferior de la torre, eliminando el material obstructor (tierra, arena, etc.).

Compruebe la impermeabilización de la caja de conexiones o el estado del enchufe en la parte inferior de la torre . Compruebe que los terminales eléctricos no estén demasiado oxidados. Deshágase de los habitantes de la caja si hay alguno (ver figura 47).

Base

La base está soportando todo el sistema de la turbina eólica.



Fig. 48: Cadena débil



Fig. 49: Anclaje asegurado

En caso de tener base de concreto:

- Revisar si hay grietas en el concreto,
- Revisar el estado de la varilla/cadena que sale del concreto ya que está expuesta al clima y al desgaste.
- Limpie la base de la torre, especialmente si tiene está en arena.

Si usó una cadena atada a un anclaje pesado enterrado bajo tierra, cabe un poco para comprobar el estado de la cadena. Incluso cadena galvanizada de alta calidad se oxida en el suelo (ver figura 48). Cambie la cadena si está oxidada.

Si tiene una gran pila cabe en el suelo, compruebe que la pila no se está moviendo mucho en dirección a la torre ni hacia arriba en su eje vertical. Si tiene que apretar las guayas a menudo, esto puede ser una prueba de movimiento de la pila.

Si la pila se está moviendo demasiado, puede asegurarla con una segunda (see figure 49) y verificar regularmente cómo evoluciona la situación.

6.4 Sistema eléctrico

Inspección cuando la turbina está funcionando

Hay un riesgo de alto voltage y corriente durante este procedimiento de prueba. Tenga cuidado.

Las siguientes recomendaciones son para sistemas off-grid y grid-tied.

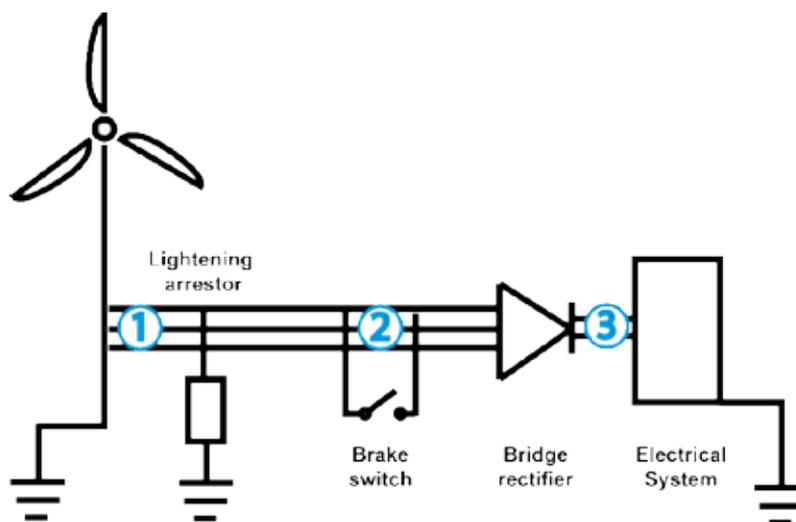


Fig. 50: Electrical scheme

Para identificar un problema eléctrico, revise el voltaje entre las fases en la parte inferior de la torre (1 en figura 50), en el interruptor del freno (2 en figura 50) y en el circuito DC después del puente rectificador (3 en figura 50)

Si el voltaje entre dos fases es cero, sospeche un corto circuito en el cableado o en el alternador. Un momento par pulsante que retiene las aspas indica un corto entre dos de los tres cables.

Si es el caso de un corto circuito, una prueba sencilla es desconectar el cable de la torre. Si la turbina aún no arranca, entonces el corto está por encima: en el cable de la torre o en el alternador. Si la turbina se pone en marcha, entonces el corto está en algún otro lugar (cableado, rectificador o controlador).

Si no se encuentra corriente, hay varias posibilidades:

Puede haber un fallo de corto circuito en los devanados del alternador debido a una bobina quemada o problemas de aislamiento en condiciones húmedas: En este caso baje la turbina para comprobar la salida del estator.

Los problemas eléctricos pueden impactar ciertamente la producción de energía. Un diodo dañado en el rectificador o una mala conexión en uno de los cables también tendrá un impacto en el funcionamiento. Estas fallas producen una vibración sonora en la máquina y voltajes y corrientes irregulares.

Off-grid (Fuera de red)

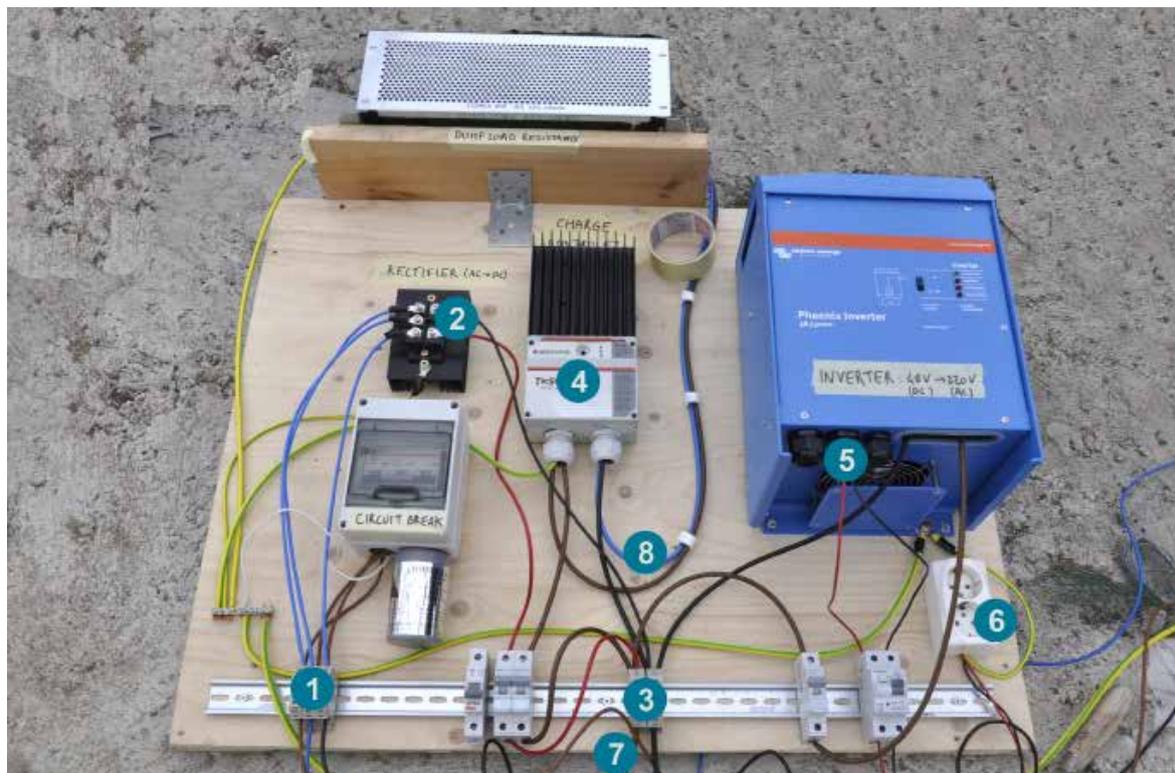


Fig. 51: Panel eléctrico Off-grid

Explicación de la figura 51:

Revise el voltaje AC entre cada fase, debe ser igual entre la entrada de las tres fases (1).

Compruebe que el puente rectificador está funcionando correctamente midiendo el voltaje DC en (2). Compruebe también el voltaje DC en diferentes puntos del circuito: Baterías (3), controlador de carga (4), inversor (5). Debe ser el mismo valor.

Compruebe el voltaje de salida AC en el inversor (6).

Si tiene pinza de medición revise si hay corriente entrando a las baterías (7) y/o a la carga de derivación (8).

Si su sistema tiene un medidor, compruebe que los valores están en el mismo rango. Si ve una diferencia significativa puede que deba reiniciar el medidor (consulte el procedimiento en el manual del medidor).

Revise si los LEDs o la pantalla están funcionando en el controlador de carga.

Una causa de bloqueo puede ocurrir si el voltaje de la batería cae por debajo de la mitad de su valor debido a una descarga fuerte de la batería o por una falla. La turbina será cargada con corriente a baja velocidad y las aspas se detendrán, impidiendo que la turbina alcance su velocidad de operación.

Grid-tied (Conectado a red)



Fig. 52: Panel Grid-tied

Explicación de la figura 52:

Revise la entrada de tensión trifásica de la turbina eólica (1).

Compruebe el voltaje y la corriente del circuito DC (2) que va al inversor o a la carga de derivación (3), usando la pantalla del inversor o una pinza de medición.

Compruebe que la desconexión del inversor de la red está funcionando correctamente apagando el interruptor de la red (4). Si el viento es lo suficientemente fuerte, la tensión subirá por encima del límite de protección de sobretensión y toda la corriente irá a la carga de derivación (3).

Revise el rendimiento diario, mensual y/o anual en la pantalla del inversor. Compruebe si los valores son correctos (compare el rendimiento anual con la velocidad promedio de viento) (5).

Revise los mensajes de error en el inversor (5).

Inspección cuando la turbina está frenada

Las siguientes recomendaciones son para sistemas off-grid y grid-tied.

En esta etapa puede que tenga que bajar la turbina para hacer más investigaciones.

Detenga la turbina con el interruptor de freno (ver figura 8, p.12).

Remueva el polvo de todos los componentes eléctricos (ventilador, disipador de calor, carga de derivación) ya que puede perturbar un enfriamiento adecuado.

Revise todas las conexiones. Apriételas si es necesario. Los cables mal apretados pueden causar un incendio y aumentar el riesgo de una descarga eléctrica.

Compruebe que todas las partes y metales aterizados (controlador de carga, carga de derivación, etc.) están conectados a la misma tierra midiendo la continuidad con un multímetro. Debe escuchar un pitido o leer en la pantalla "OL" o un valor pequeño de resistencia (see figure 53).



Fig. 53: Multímetro en posición de continuidad



Fig. 54: Prueba de diodo

Revise los diodos asumiendo que su multímetro está equipado con la función de prueba de diodos (ver figura 54):

- Diodos buenos:
 - Dirección de avance: 0,2 a 0,8 V
 - Sentido inverso: OL
- Diodo abierto (dañado): OL en los dos sentidos.
- Diodo en corto circuito: Caída de 0 a 0,4 V en ambas direcciones.

Si su multímetro no está equipado con la función de prueba de diodos puede usar el multímetro en el modo de lectura de Resistencia (Ω).

La resistencia polarizada hacia delante de un buen diodo puede oscilar entre 1000 Ω y 10 M Ω .

La resistencia polarizada inversa de un buen diodo muestra "OL" en un multímetro. El diodo está dañado si las lecturas son las mismas en ambas direcciones.

Off-grid (Fuera de red)

Revise el voltaje del banco de baterías y el voltaje de cada batería.

Para baterías de plomo ácido: Revise el nivel del agua destilada abriendo la tapa. La placa debe estar completamente inundada . Agregue agua destilada si es necesario.

Revise los conectores del banco de baterías. Los que estén oxidados deben ser limpiados con lija y protegidos con un poco de grasa (ver figura 55).

Revise los fusibles con su multímetro en la función de continuidad (ver figura 53, p.34).

Revise el área circundante de la carga de derivación y busque señales de sobrecalentamiento o incendio. Asegúrese también que la temperatura en esta área no sea ni demasiado alta ni demasiado baja (ver recomendación p.7). La humedad también debe ser evitada.

Si necesita cambiar un cable o un conector, desconecte el sistema del banco de baterías desconectando el fusible o retirando el interruptor de la batería.



Fig. 55: Grasa en los conectores

Grid-tied (Conectado a red)

Revise el área circundante de la carga de derivación y busque señales de sobrecalentamiento o incendio.

7 Service frequency

Tab. 7: Service frequency

Frequency	Operations	Time commitment	Method (visual/tool...)
During the 1 st year	<ul style="list-style-type: none"> - Check the electrical installation regularly (batteries and components) - Sensitive check (visual and sound) of the wind turbine - Check the cable at the bottom of the tower (open the junction box) to define the frequency of untwisting the cable - Check if the brake switch is working: Switch-off and check if the turbine brakes well - Check the vibration of the tower - You can detect if there is a problem with the bearings by putting your ear on the tower and listen for strange noises - Check the tension of the guy wires 	30 minutes	  
After 6 months	<ul style="list-style-type: none"> - Lower the turbine and check the tower and the turbine for: - Missing nuts, rusty components, weldings condition, blade wear, tightness of all nuts, electrical connection, blade balancing - Remove the blades to check the alternator if necessary - Check if yaw and tail hinges are able to turn freely and add grease if needed 	0,5 to 1 day	  
After 1 year	See section 5 „Lowering and raising the turbine“ p.12 and check all parts of the turbine for wear and corrosion	1 day	
Monthly	<ul style="list-style-type: none"> - Check all parts while the turbine is operating: - Electrical system (battery voltage or inverter data) - Tension of the guy wires (tightness and rust of the fastenings) - Foundation, base and anchors of the tower - Visual and acoustical check on the turbine (missing nuts, abnormal spinning and/or vibration, etc.) 	30 min	  
Yearly (birthday)	<ul style="list-style-type: none"> - Lower the turbine and check everything like described in section 6: - Blades - Alternator (and bearing eventually) - Frame and tail - Tower hinge - Tower and guy wires 	1 to 2 days	    
Every 3 years	<ul style="list-style-type: none"> - Same as “yearly service” + dismount the alternator and bearings completely - Paint metal parts and add a new blade coating 	2 days	
After 9 years	<ul style="list-style-type: none"> - Same as “Every 3 years” + probability to change the inverter, the batteries: Change the blades and the guy wires if necessary 	3 days	

8 Check list



Sensitive check
(optical, acoustical)



Tool check



Multimeter check

Inspection while the SWT is spinning

Inspection should be done with a wind speed below 7m/s.

Check if there is any strange noise and/or vibration while the SWT is spinning.	
Check if the electrical system is working normally.	
Brake the turbine with the brake switch. For grid-tied systems: Disconnect the grid.	
Inspect each of the anchor points. Ensure that all hardware is secure and the guy wires are properly tensioned. Check to ensure that no strands are broken and the turnbuckle safety cables are in place. Check the state of the anchor point materials (concrete, chain, etc.)	
Install the rope hoist and the gin pole.	
Lower the turbine and continue with the checklist displayed on the following pages.	

Wind turbine

<p>Inspect the blades for:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cracks outboard in the wood or in the fiberglass (for resin blade), especially at the blade roots • Leading or trailing edge damage • Condition of the paint (if painted) or coating • Check if balancing weights are still fixed <p>Check the rotor and stator for scratches and failures in resin.</p> <p>Inspect the nacelle for cracks and rust on the welding.</p> <p>Check the electrical cable within the tower.</p> <p>Inspect the state of the electrical cable and the attached system.</p> <p>Check for cracks or loose hardware on the tail boom and vane.</p>	
<p>Check the torque on the blade nuts.</p> <p>Check the front bearing for seal integrity and grease loss. Check the torque of the flange.</p> <p>Check the play in the hub.</p> <p>Check the connection at the junction box and the junction box state.</p> <p>Check the tail pivot system, it should move freely and have enough grease.</p>	
<p>Release the turbine with the brake switch and check that the generator turns freely.</p>	
<p>Measure the resistance between each phase.</p>	

Tower and guy wire

<p>Check if the electrical cable is twisted and check the condition of the cable.</p> <p>Check the tower welds.</p>	
<p>Check the torque of the saddle clamps.</p> <p>Make sure that the tower shackles are secure and/or well tightened.</p> <p>Check the torque of the fasteners (tower and base).</p> <p>Check the connection at all ground rods, at the tower and guy wires.</p> <p>Check the connection at the junction box and the condition of the junction box.</p>	

Electrical system

Make a visual inspection for evidence of heat.	
Check if there are rusted parts (screws, crimp lugs, etc.).	
Remove the dust from all electrical components.	
Check the tightening of the electrical connections.	
Check the bridge rectifier.	
Check all the ground connections.	

Only relevant for off-grid systems

Check the general state of the batteries and the water level, refill distilled water if necessary.	
Check the tightening of the electrical connections.	

Only relevant for grid-tied systems

Check the production on the inverter and see if the values are relevant: <ul style="list-style-type: none"> • Is electricity generation linked to the estimated wind conditions at the installation site? • Is the data well recorded? 	
--	---

9 Troubleshooting

The following table is a non-exhaustive enumeration of damages and problems that might occur:

Tab. 8: Troubleshooting

Observation	Diagnosis / Causes	Problem	Remedies
Blades are not spinning	Hub bearing is stuck	Lack of grease	Add some grease inside the bearing
		Water ingress in hub bearing	Replace the corroded parts and the bearing seal
		Nut too tight	Loosen the nut
		Roller bearing out of order	Change the roller bearing
	Ice in generator		Wait for warm weather
	Ice on blade		Wait for warmer temperatures/ make the surface blade smoother
	Batteries voltage	Batteries below half of their voltage value	Charge the batteries, you may have to change them
	The brake switch is ON		Switch the brake OFF
Blades are spinning slowly in strong wind	Stator and rotor are touching (scraping or rubbing sound at low rpm)		Increase spacing between stator/rotor (use thread-lock on threads afterwards)
		Magnet swelling due to corrosion	Change the affected magnet
		Damaged roller bearing	Change the roller bearing
		Unscrewed or missing nuts on the stator studs	Tighten them with thread-lock
	Debris between rotor and stator		Turn propeller gently by hand and blow, use piece of plastic or some tape to dislodge debris
	Short circuit	Power cable is pinched at the top or bottom of the tower	Clear the top/bottom of the tower
		Burnt out stator	Build a new one
		Burnt out bridge rectifier	Find the problem and change the rectifier
		The brake switch is ON	Switch the brake OFF
		Burnt out inverter (grid connected)	Find the problem and change the inverter
		Burnt out charge controller	Find the problem and change the charge controller
	Burnt out stator	Incorrectly calibrated furling system (tail too heavy or too long)	Correct the weight problem
	Burnt out charge controller	All the energy goes into the dumpload that can suck out your batteries	Find the problem and change the charge controller
		Wrong cable connection (e.g. wrong connection in power cable)	Correct the connection

Tab. 8: Troubleshooting

Observation	Diagnosis / Causes	Problem	Remedies	
Blade runs too fast, may whistle	Load disconnected	Cable disconnected or wrong connection	Check all the electrical connections and fuses	
		Disconnected dumpload	Re-connect the dumpload	
		Burnt out bridge rectifier	Find the problem and replace the rectifier	
		Burnt out voltage regulator	Find the problem and replace the voltage regulator	
	Generator problem			Problem will be "solved" once the voltage reaches the regulator voltage
				Be sure that magnets are facing each other
	Dumpload	Dumpload wrong scaled	Change the dumpload	Gap too big between rotor and stator
Battery bank	Battery bank too small	Increase the capacity of the battery bank		
Broken blade	Tail vane hit the blade	Poor welding of high and/or low stop	Redo the welding and/or add some metal pieces to reinforce the tail vane	
		Unbalanced blade causing excessive vibration (tail vane jumps off)	Balance the blade / check the balance weight screw	
	Loss of a balancing weight	Wrong number, length or poor quality of the screw/s used to attach the balancing weight/s	Correct the default	
	Low quality or excessively thin wood		Use a better quality/thicker wood	
Tail, generator and tower shake at all or some wind speeds	Blade out of balance		Rebalance the blades	
	Guy wire too loose	Check the guy wire tension	Increase the tension, change or add turnbuckle	
		Check for default in the anchors	Redo the anchors/ add some weight	
Tail vane on the ground	Blade out of balance		Rebalance the blades	
	Failure of vane welding		Reinforce the tail vane	
Excessive noise (whispering noise)	Excessively thick trailing edge		Re-shape the trailing edge	
	Hole in the blade		Fix it with resin or something equivalent	
	Blades not in the same plan		Correct planarity of rotor blades	

Tab. 8: Troubleshooting

Observation	Diagnosis / Causes	Problem	Remedies
Excessive noise (vibrating noise)	Damaged bearing		Replace the roller bearing
	Generator roaming	Happened on high voltage generator due to copper wire vibration	Make sure your coils are well wound(tight enough). Change the number of phases in a new stator (6 at least).
	Blade(s) out of balance		Rebalance the blade(s)
Batteries not charging	Dump load constantly activated	Burnt out voltage regulator (possible due to lightning strike)	Find the problem and change the voltage regulator
		Batteries are full, not enough consumption	Invite a friend to your home
	Batteries reach end of life		Replace the batteries
	Excessive domestic power consumption		Reduce your demand or add some more energy production to the system
No power feed-in to the grid	Electrical connection		Check the phase, neutral and ground connection between inverter and grid
		Cable disconnected	Re-connect the cable
	Grid disconnected		Wait for the grid to come back
	Inverter monitoring the grid		Wait for the inverter to connect to the grid/and or the wind blow stronger
	Generator problem		See above "Blade runs too fast"
Low energy production	Electrical connection	Blown diode	Change the bridge rectifier
		Bad connection in one wire	Redo the connection or change the wire
	Furling system	Furls too early	Add some weight on the tail vane or change the wind vane
	Wind resource	Poor wind site	Increase the tower height

10 Logbook

Tab. 9 : Logbook

Wind turbine date of first entry into service:					
Date	Who	Type of maintenance (first month, first year, corrective...)	Problem/observation	Work done	Production (kWh)

10 Logbook

Tab. 9 : Logbook

Date	Who	Type of maintenance (first month, first year, corrective...)	Problem/observation	Work done	Production (kWh)

Appendix [Crash wall]



Fig. 56: Blown batteries



Fig. 57: Broken guy wires



Fig. 58: Broken bearing



Fig. 59: Broken anchor



Fig. 60: Broken tail hinge



Fig. 61: Burnt stator



Fig. 62: Burnt Tristar batteries



Fig. 63: Loss of balancing weight



Fig. 64: Rusted guy wire



Fig. 65: Rusted rotor



Fig. 66: Threaded rod too long



Fig. 67: Tower too tight

Appendix [Crash wall]

Blown batteries (figure 56): This is what is happening when you are using a grinder next to your battery bank while it's charging.

Broken guy wires (figure 57): A guy wire breaks...

Remedy: Use good quality guy wire, use correctly sized guy wire.

Broken bearing (figure 58): Bearing was loose and the rubber sealing was missing: Destruction of the bearing rolls, one rotor touched the stator, damages on both rotors and stator.

Remedy: Keep and/or add rubber sealing. Avoid looseness in the conical bearing or use NE bearing.

Broken anchor (figure 59): A 22 m/s wind finished to cut a chain holding the guy wires already eroded by sand and lead to the fall-down of the tower and the turbine. The pin at the tower base came off and couldn't avoid the tower fall-down. Everything was destroyed except rotors: Blades, frame, tail, tower a bit deformed but re-used.

Remedy: Change guy wires and chains if wear is observed; pour chain into concrete, use a new tower base, use a new stator, tail, frame or replace a part of the 3-phase cable.

Broken tail hinge (figure 60): On a very turbulent site, the electrical cable is doing at least 30 turns per month. The tail is always moving up and down leading to crack on the hinge at the low stop level.

Remedy: Reinforce the welding (see figure 43, p.28) if your turbine is installed on a very turbulent site.

Burnt stator (figure 61): Wind turbine short circuited for some time. A strong windy day led to this failure.

Remedy: If strong winds are expected, let your turbine run instead of breaking it.

Burnt Tristar batteries (figure 62): Problem with a battery that led to the burning of the Tristar (charge controller) which then dumped the battery bank energy directly into the dumpload.

Remedy: Check your battery bank. Make sure that your charge controller capacity (e.g. if your system gives 40A, a 45A charge controller is undersized).

Loss of a balancing weight (figure 63): The turbine lost one balancing weight leading to severe blade unbalancing. The owner was away for few days during a windy period. The turbine might have shake for some days before falling off the tower.

Remedy: Use at least two screws per blade balancing weight. Use only stainless screws that are fairly long.

Rusted guy wire (figure 64): New guy wires of a high quality brand after only 6 months (located close to the ocean in a sandy environment).

Remedy: Car oil to protect them from corrosion.

Rusted rotor (figure 65): During a preventative maintenance we have seen some cracks in the resin and a little space between the resin and the steel disc. As a consequence we could quite easily remove the block of resin from the disc. Under the resin, the disc was rusted.

Remedy: Paint the rotor during every maintenance. Paint or galvanize the disc before putting the magnet is the best option.

Thread rod too long (figure 66): 28m tower; 4,20m turbine. On a very windy day, the tail vane hit the blade: Blade and stator broken, frame and tail badly damaged. The thread rod was too long so the balancing weight touched the thread rod, breaking the stator and damaging the frame. The stator problem could have been avoided by work with more precision.

Remedy: We changed the design of the tail vane for the 4,20m diameter SWT (see figure 43, p.28). Make sure you are checking all details especially on big turbines (length of the thread rod in this case). The bigger they are, the more precise you need to be.

Tower too tight (figure 67): This curvy tower is the result of an excessive tension in the guy wires.