

EnergíaJoven



Sistema híbrido eólico-solar Guía Didáctica y Ejercicios

Experimentos para jóvenes a partir de los 12 años.

ATENCIÓN: El material incluido en el kit de Sistema híbrido eólico-solar es para uso exclusivo en establecimientos educativos a partir de nivel secundario. Utilizarlo bajo vigilancia y supervisión de adultos capacitados. Mantener fuera del alcance de niños menores de 4 años por contener piezas pequeñas. Leer las instrucciones antes de su utilización, seguir las y conservarlas como referencia.



SIEMENS | Fundación



Supported by:



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action



INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE

Cofounded by:



WISONS
of sustainability

on the basis of a decision
by the German Bundestag

Sistema demostrativo de energías renovables para uso educativo



Diseñado y desarrollado por:



Guía para educadores: Sistema híbrido eólico- solar para uso educativo

El proyecto #EnergíaJoven (Youth Energy) - **“Activando el potencial de los jóvenes para impulsar la transición energética justa en Argentina”** está financiado por el Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima (BMWK) de Alemania en el marco de la Iniciativa Internacional sobre el Clima (IKI). La ejecución del proyecto corre a cargo de un consorcio de tres organizaciones, dirigido por el Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH (WI) como coordinadora del proyecto y con la Fundación 500RPM para el Desarrollo de las Energías Renovables y la Fundación Siemens para el Desarrollo Sustentable de la Argentina como socios ejecutores.

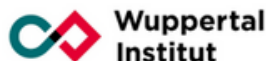
El proyecto tiene como objetivo capacitar y empoderar a una nueva generación de jóvenes líderes, que desempeñarán un papel fundamental en la transición energética justa de Argentina.

La presente publicación educativa fue desarrollada por Fundación 500RPM.



Primera publicación: Octubre 2025

Supported by:



on the basis of a decision
by the German Bundestag

Contenido

INTRODUCCIÓN:..... 4

DESMONTAJE Y DESARMADO DEL AEROGENERADOR: 5

 Consideraciones de seguridad 5

 Sobre el sistema instalado: 7

 Bajada de la torre..... 8

 Bajada del equipo eólico 9

 Desmontaje del aerogenerador: 13

TAREAS DE MANTENIMIENTO.....15

 Tareas a realizar sobre el cabezal del aerogenerador 15

 Mantenimiento de las aspas:.....22

 Mantenimiento y ensamblado del timón: 27

 Sistema eléctrico. Mantenimiento de cableados y conexiones. 30

 Puesta a tierra.....32

 Banco de baterías: 32

 Inversor 33

 Mantenimiento cada 6 meses.....37

 Mantenimiento cada 4 años 40

MONTAJE E IZAJE DEL AEROGENERADOR:.....43

 Montaje del generador 43

 Procedimiento de izaje 44

 Preguntas frecuentes 48

 Soluciones 49

SISTEMA FOTOVOLTAICO 51

EJERCICIOS PRÁCTICOS: PRUEBAS Y MEDICIONES 53

ANEXO 1: EXTRACTOS DEL MANUAL DE FABRICACIÓN DEL AEROGENERADOR 60



LEA ATENTAMENTE TODOS LOS PASOS DE ESTE MANUAL. DE LO CONTRARIO, PUEDE COMETER ERRORES QUE DAÑEN A UNA PERSONA O AL EQUIPO.

EL AEROGENERADOR Y EL SISTEMA SOLAR ESTÁN DISEÑADOS PARA SER MUY SIMPLES DE OPERAR, MANTENER Y REPARAR.

EN ESTE MANUAL USTED ENCONTRARÁ INSTRUCCIONES CLARAS ACERCA DE CÓMO INSTALAR EL EQUIPO (TORRE, TABLERO ELÉCTRICO Y AEROGENERADOR), CÓMO OPERARLO CORRECTAMENTE Y CÓMO REALIZAR UN CORRECTO MANTENIMIENTO. ASI COMO TAMBIEN HAY UNA GUIA DIDACTICA DE COMO HACER MEDICIONES Y PRUEBAS QUE LLEVEN A ALUMNOS A COMPRENDER DE UNA MEJOR MANERA EL SISTEMA Y SER PUNTAPIÉ A UN APRENDIZAJE PROFUNDO EN EL CAMPO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.

ANTE CUALQUIER DUDA, CONTACTE A LA INSTITUCIÓN QUE FABRICÓ EL EQUIPO, O ESCRÍBANOS A LA SIGUIENTE DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO Y LE RESPONDEREMOS A LA BREVEDAD: **500RPM:** info@500rpm.org.

INTRODUCCIÓN:

Este manual tiene como objetivo **brindar las instrucciones necesarias para el correcto desarme, operación y mantenimiento del sistema híbrido eólico y fotovoltaico de generación renovable**, compuesto por un aerogenerador de baja potencia tipo PIGGOTT y un equipo de generación solar fotovoltaico, ambos almacenando energía en un banco único de baterías.

El documento está pensado para ser utilizado como herramienta para **docentes, personal técnico, estudiantes avanzados o referentes comunitarios**, que deseen conocer en detalle cómo intervenir de forma segura y eficiente en el sistema cuando es necesario desmontarlo, realizar tareas de mantenimiento preventivo o correctivo, o supervisar su funcionamiento general.

Está dividido en dos grupos. Su lectura y utilización, no tienen orden correlativo. Tanto el grupo 1 como el 2, pueden utilizarse por separado y utilizarse de manera complementaria, uno al otro:

1. **Mantenimiento y operación del sistema híbrido. Procedimiento completo e instrucciones paso a paso para la tarea.**
 - A. **Desmontaje del aerogenerador:** paso a paso detallado para bajar la torre, desarmar correctamente el equipo eólico, incluyendo aspectos de seguridad y cuidado de los materiales.
 - B. **Mantenimiento del sistema híbrido:** orientaciones para la revisión periódica de los componentes eléctricos y mecánicos, tanto del sistema eólico como del solar, incluyendo baterías, reguladores, inversores, cableado y estructuras.
 - C. **Izaje del aerogenerador:** Paso a paso para poder ensamblar e izar el aerogenerador, incluyendo aspectos de seguridad y cuidado de los materiales
2. **Teoría básica de solar y eólica. Ejercitaciones y prácticas complementarias:** al final del manual se incluye una serie de actividades didácticas orientadas a profundizar la comprensión del sistema híbrido y **aprender más sobre energías renovables** mediante la puesta en práctica de conocimientos adquiridos durante la instalación, operación y mantenimiento.

Este manual busca **favorecer la autonomía técnica local**, al permitir que las propias comunidades educativas puedan prolongar la vida útil de sus sistemas, optimizar su rendimiento y **resolver situaciones operativas sin depender exclusivamente de asistencia externa**. Y además, busca brindar una **herramienta pedagógica dinámica** que permita a los estudiantes abordar contenido teórico relacionado con las energías renovables, realizar mediciones, **experimentar**, y comprender el funcionamiento del sistema y los parámetros involucrados.

DESMONTAJE Y DESARMADO DEL AEROGENERADOR:

Consideraciones de seguridad

Toda actividad laboral tiene un índice de riesgo al que debemos prestar atención. En algunas actividades, el riesgo es mínimo, pero no por ello debemos pasar por alto las precauciones a la hora de encarar el trabajo. Los accidentes ocurren cuando dejamos de prestar atención a los factores de riesgo, por mínimos que sean. Por esto, antes de comenzar con el mantenimiento, dejaremos algunos consejos de seguridad que recomendamos tener en cuenta.

Como reglas mnemotécnicas, proponemos 2 que consideramos las mas importantes: La pirámide de la seguridad del trabajo y la Regla del 100%.

La pirámide de la seguridad en el trabajo:

Llamamos así a un breve conjunto de reglas que ordenan las actividades laborales, de manera de evitar en la mayor medida posible, los riesgos:



Siendo la base de la pirámide, la mas importante, vamos a referirnos a esta tarea como la evaluación de la misma, de la actividad en si. Un ejemplo es la utilización de las torres rebatibles en nuestras instalaciones. El objetivo de colocar un aerogenerador a 12 metros de altura lo conseguimos sin que sea necesario el trabajo en altura. Aunque no se elimina el riesgo de accidentes, se reduce considerablemente. El objetivo es reducir el nivel de riesgo antes de comenzar la actividad.

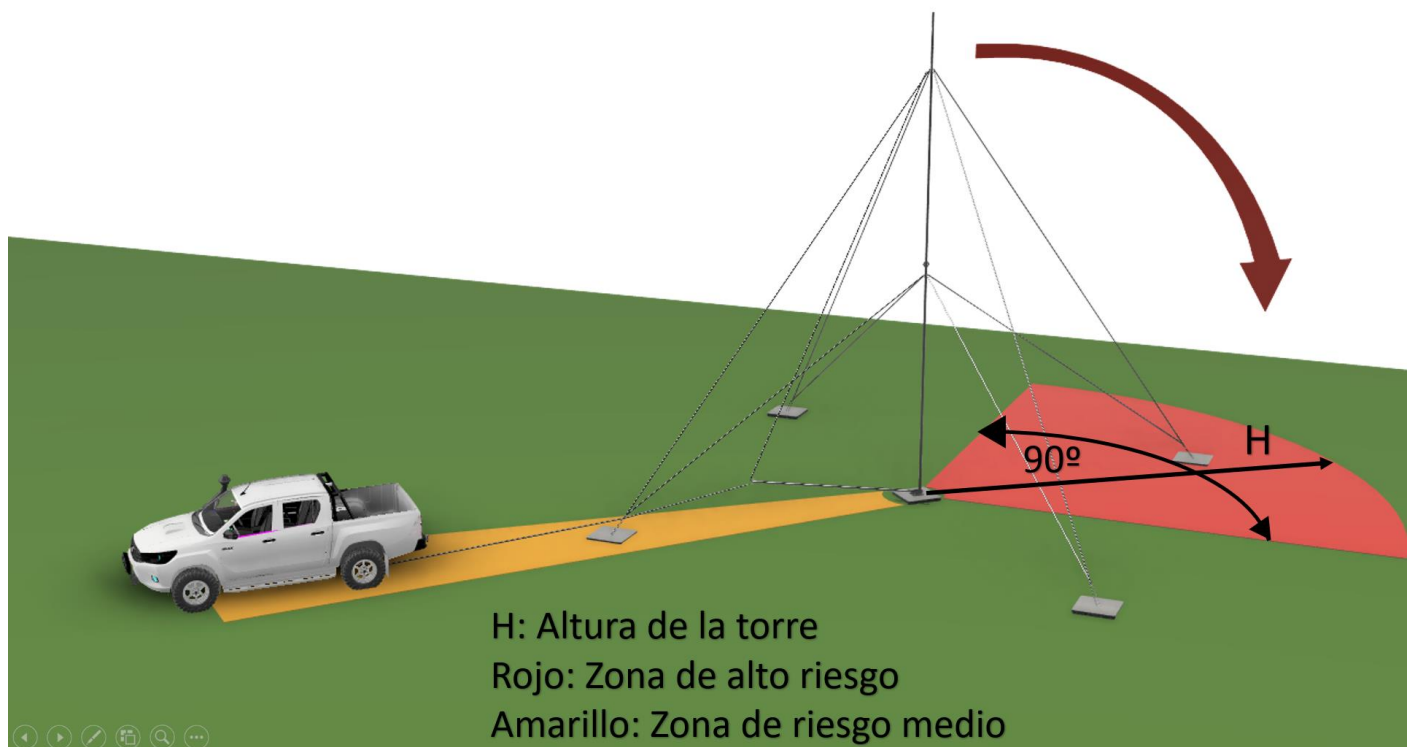
En un segundo nivel, tenemos la Planificación. Esto lo hacemos para evitar “sorpresas” durante la ejecución de la actividad. Los principales puntos a ordenar son la asignación de tareas a cada integrante del equipo, herramientas necesarias, materiales, orden de tareas, delimitación de zonas de riesgo, objetivos, etc. Cuanto mas profundo sea el detalle, mejor.

Y como tercer nivel, en la punta de la pirámide, se encuentran recién el uso de los EPP o elementos de protección personal. Esto busca atenuar las consecuencias ante un imprevisto.

La regla del 100%:

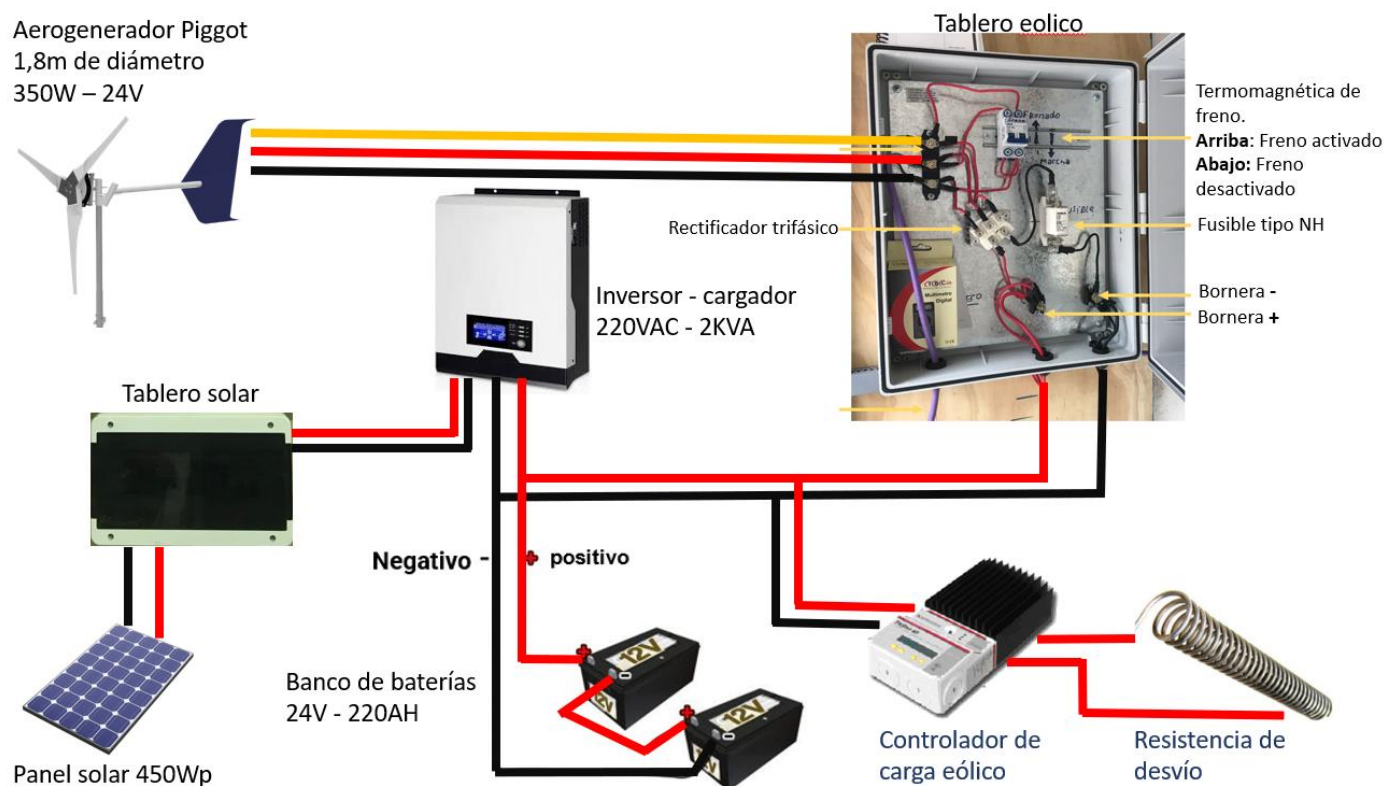
Esta regla tácita, implica que en los momentos que hayamos encontrado como CLAVES durante la actividad, como por ejemplo el momento en que la torre esta subiendo o bajando, o en los que estemos trabajando con equipos de peso importante, entre otras tareas, deberemos poner el 100% de nuestros sentidos hacia las mismas. No es necesario prohibir el dialogo entre integrantes del equipo. Lo importante es que, en situaciones clave, donde todo depende de que cada integrante del equipo, cada persona tenga el 100% de la atención en su actividad. Por eso antes de encarar cada aspecto complejo o riesgoso de la actividad, consensuarlo en el quipo y prestar el 100% de atención, el 100% del equipo a esta única tarea en particular.

Si tenemos en cuenta estas reglas, es un comienzo para poder llevar a cabo cualquier actividad con el menor riesgo posible, permitiéndonos aprender y enseñar, trabajar y disfrutar. En la figura que verán a continuación, se mostrarán las zonas de mayor riesgo durante el izado de una torre de aerogeneradores.



Sobre el sistema instalado:

Antes de comenzar con la tarea de mantenimiento, vamos a ver cómo está compuesto. A continuación veremos el circuito eléctrico y componentes que lo integran, además de algunas imágenes a modo de ejemplo.



Bajada de la torre

Es muy importante establecer las condiciones de seguridad antes de iniciar cualquier tarea de riesgo. Siguiendo metódicamente las instrucciones aquí propuestas, la actividad resulta de bajo riesgo y simple. Es importante seguir todas las indicaciones y respetar las aclaraciones de seguridad, de manera que la experiencia de aprendizaje se lleve a cabo en un entorno seguro.



Antes de comenzar la tarea de mantenimiento, prestaremos atención a los siguientes ítems, importantes para la seguridad:

- Tarea de por lo menos 2 (dos) personas.  Cuantos más sean, mejor.
- FRENO del generador activado, compruebe que las aspas **no** giren.
- Para realizar la tarea, recomendamos que las condiciones climáticas sean favorables, con velocidad de viento no superior a los 12m/s o 40km/h.
- Rendas laterales enganchadas a sus tensores, con sus lazos de seguridad colocados y ajustados.
- Rendas traseras enganchadas con sus respectivos tensores y lazo de seguridad colocado.
- Rienda de Izaje colocada en la palanca y ajustada
- Zona de la base de la torre y sus bulones de apoyo y pivots libres de tierra, plantas y cualquier elemento que obstaculice su libre movimiento.
- Despeje los alrededores de la torre de personas curiosas, niños, animales, etc.

Bajada del equipo eólico

Si bien este paso a paso está pensado para la utilización de un vehículo como medio de bajada e izaje de la torre, se darán instrucciones para realizarlos también con un malacate tipo Tirfor. No recomendamos otros medios salvo que no exista otra posibilidad, debido a que son menos seguros y pueden ocasionar daños a la torre o aumentar la posibilidad de accidentes.

El malacate Tirfor es aquel que permite tanto el ascenso como el descenso controlado, sin riesgo de deslizamientos.

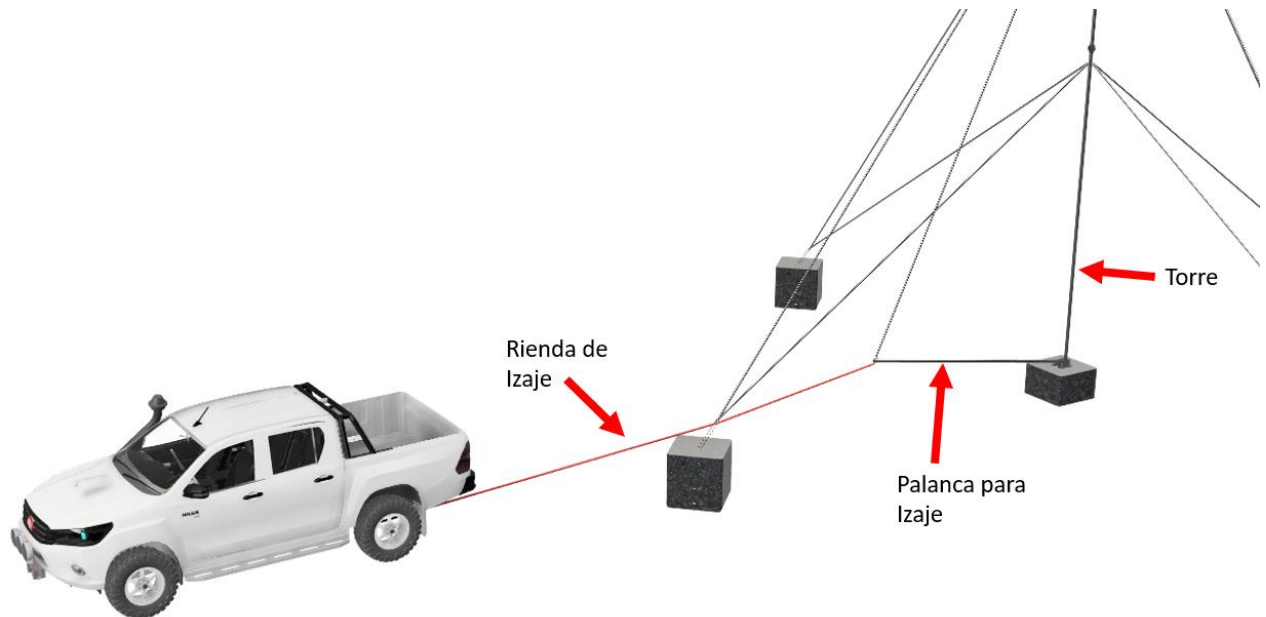
Preparación de la zona de trabajo:

A continuación, prepararemos la zona de la torre, identificaremos los componentes del sistema eólico en el recinto donde se encuentren los elementos eléctricos, junto con las baterías, y nos aseguraremos que la zona se encuentre despejada y toda la instalación sea accesible.

Procederemos a preparar todos los materiales y herramientas:

- Llave Termomagnética de freno en posición CERRADO (Aerogenerador frenado, se puede observar esta llave en el diagrama eléctrico de la página 9 de este manual)
- Palanca de la torre colocada y rienda de izaje asegurada al vehículo de izaje (o malacate tirfor previamente fijado a un punto sólido en el suelo)
- Un pie de apoyo para el aerogenerador una vez en el suelo es particularmente útil, aunque una mesa firme puede servir perfectamente para poder trabajar en el equipo y hacer el mantenimiento con seguridad.
- Todas las herramientas necesarias para la actividad, deberán estar accesibles y ordenadas al alcance de los participantes de la actividad.
- Verificar que TODAS las riendas de seguridad estén colocadas y ajustadas.
- Si bien es viable realizar la tarea con la torre suspendida desde el vehículo de izaje, recomendamos fuertemente no hacerlo y colocar soportes para que la torre quede apoyada en el suelo al descender, con el menor desnivel posible (recta). Para esto, tenerlos preparados dentro de la zona de trabajo con anticipación.
- Asegurarse que el terreno por el que transitara el vehículo de izaje sea firme y sea regular, sin pozos u obstáculos. Si se utilizaría un malacate tirfor, verificar que este esté firmemente asegurado al suelo.
- De ser posible, verificar la velocidad del viento en superficie con un anemómetro. Si es superior a 12m/s (es decir, si es un día particularmente ventoso), se recomienda suspender la actividad.

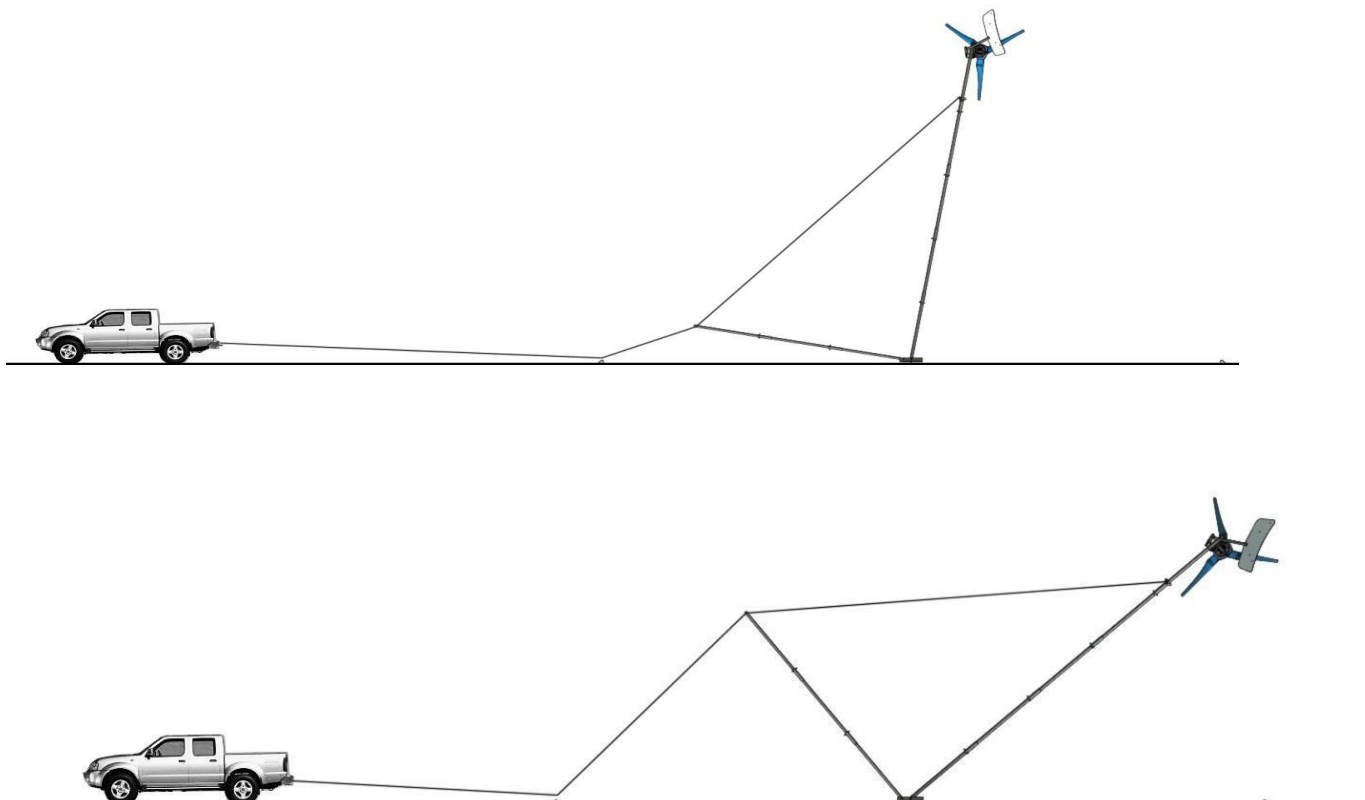
Procedimiento de bajada de la torre:

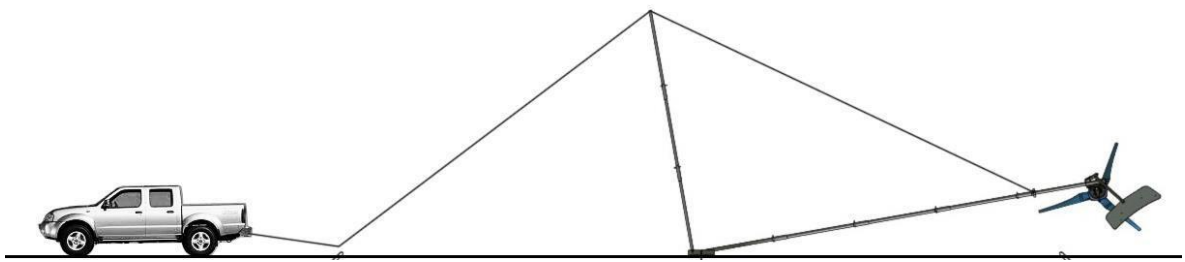


1. Asegurar la rienda de izaje al vehículo, asegurándose de que esta quede levemente floja.
2. Quitar las riendas de la torre que están enganchadas en la base que se encuentra del lado de la rienda de izaje, de manera que, de ese lado, la torre esté sujeta únicamente al vehículo.
3. Cada integrante del equipo, tomará su posición de acuerdo a lo planificado. Idealmente:
 - a. Una persona conduciendo el vehículo
 - b. Una persona afuera del vehículo, justo al lado, que lo vaya acompañando y guiando
 - c. Una persona en la base de la torre
 - d. Una persona al lado de cada una de las 2 bases laterales, verificando que ninguna rienda se suelte, ni tampoco se tense demasiado
 - e. Una persona al lado de la base de atrás, verificando que no se suelte
4. A partir de este momento, el conductor del vehículo deberá estar al volante sin soltarlo. Freno de mano firmemente accionado, motor en marcha y punto muerto.
5. Verificaremos por ultima vez que la llave termomagnética de freno se encuentre en posición de freno activo.
6. Aflojaremos los tensores de las riendas del lado opuesto a la palanca de izaje de la torre en toda su extensión.
7. Luego, aflojaremos todos los tensores laterales, también en toda su extensión.
8. Procederemos a tensar la rienda de izaje. Esto se consigue tirando levemente de las riendas posteriores, inclinando la torre de manera que esta quede suspendida únicamente por la rienda de izaje asegurada al vehículo.
9. Durante el descenso de la torre, se deberá prestar atención a varias situaciones:
 - Que el los cables eléctricos que bajan por la torre, no se dañen al friccionar contra la base de la torre o de la palanca
 - Que las riendas laterales NO se tensen en exceso. De ocurrir esto, levantar la torre hasta que se vuelvan a aflojar y desenganchar los tensores respectivos por completo, dejando como único anclaje la rienda de seguridad.

- Que la rienda de Izaje corra suave por el punto de redireccionamiento hacia el vehículo.
 - Que la torre no se curve/doble durante la maniobra.
10. Comenzaremos a bajar la torre con el vehículo en cambio. Si es de doble tracción, se recomienda usarla. Si posee Baja también. Si bien es ideal usarlos, cualquier automotor con tracción simple funciona perfectamente para realizar la maniobra.
 11. Una vez que la torre empieza a bajar y su peso pasa a estar sostenido por el vehículo, tendremos que presionar el freno cada vez con mayor fuerza, progresivamente, y con suavidad. El objetivo es que la torre descienda con suavidad, de una sola vez y sin tirones, siempre prestando atención a las indicaciones de quienes se encuentran guiando el descenso y controlándolo.
 12. JAMAS soltar el freno o quitar el cambio. Si la torre baja de golpe, podría arrastrar el vehículo o el latigazo, cortar alguna soldadura de los anclajes de las riendas. Extremar las precauciones en esta etapa.
 13. Una vez que la torre se encuentra apoyada en los soportes, y las riendas que la aseguran a la palanca pierden tensión, la maniobra de descenso esta concluida.
 14. De ser necesario desconectar el vehículo de la palanca, asegurar previamente la rienda de Izaje a la base por donde esta se desliza, para que la palanca no se caiga sobre la torre. Esto se consigue con una o dos prensillas que la ajusten, ya sea con un lazo de seguridad o sobre si misma.

En el diagrama que se muestra a continuación, veremos el procedimiento simplificado para bajada de la torre. Es importante tener mucha precaución al circular por la zona, ya que las riendas se encontrarán al nivel del suelo, y pueden no verse fácilmente en el terreno. Tomar las precauciones necesarias para que esto no ocurra.





Con la torre en el suelo, la actividad pasa a hacerse más segura, y cobra vital importancia rever todas las tareas planificadas de manera de realizar el mantenimiento completo sin olvidarnos de ningún paso. Con la torre ya apoyada en sus soportes, el aerogenerador debería quedar como se ve en la siguiente imagen:



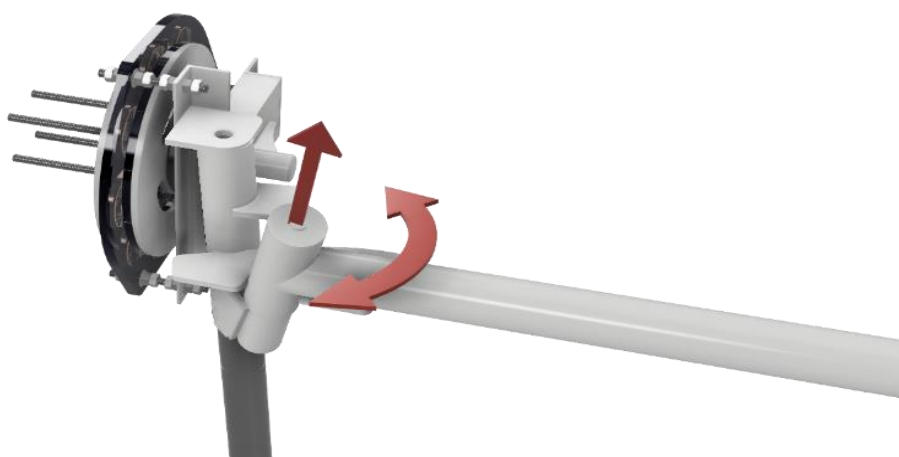
Desmontaje del aerogenerador:

Para poder realizarlo con comodidad, recomendamos la utilización de un pie de apoyo. Desmontaremos el generador de la torre y lo colocaremos sobre el:

1. Con el timón colocado, retiraremos la hélice. El timón puesto, ayuda a que el cabezal quede con las aspas perpendiculares al suelo, facilitando su extracción.
2. Suele ocurrir que la hélice se atasque en las varillas roscadas. Para estos casos es que dejamos colocadas 3(tres) tuercas por cada varilla de anclaje. Al aflojar estas tuercas, podemos usarlas como extractor para retirar la hélice. En la siguiente figura se puede ver la manera de hacerlo. Es importante empujar de manera pareja las 4 tuercas ya que, de cruzarse la hélice, se atascará.



3. Una vez retirada la hélice, podremos quitar el timón. Este puede estar fijado mediante bulonería o simplemente encastrado en su bisagra. Para poder retirarlo, hay que quitar cualquier elemento de fijación que posea, y desplegarlo manualmente hasta que quede en su posición de funcionamiento, es decir perpendicular a la línea de la hélice si estuviera colocada. Una vez en esa posición, desplazar con suavidad y movimientos de vaivén hasta que salga completamente de la bisagra.



⚠ Atención: al quitar el timón, el generador puede girar ligeramente por efecto de la liberación del mecanismo de “Furling”. Controle ese movimiento para evitar que las aspas se desplacen o rocen con el suelo.

4. Una vez retirado el timón, podremos retirar el cabezal de la torre y colocarlo en un pie de apoyo. De no disponer de uno, podemos apoyar el aerogenerador en una morsa o banco de trabajo. Pero recomendamos la utilización de un pie que puede ser fabricado con rezagos o scrap. Para retirar el cabezal de la torre, habrá que cortar los 3 cables del alternador que bajan por dentro de la torre. Nuestra recomendación es cortarlos en el medio del empalme, uno por uno, teniendo **la precaución de atarlos a algún objeto alargado o hacer un nudo con ellos para que no se metan dentro de la torre nuevamente**. Retiraremos el cable de dentro del tubo de bisagra del cabezal del aerogenerador y lo posicionaremos en el pie de apoyo, para que quede de la siguiente manera:



¡Listos para el mantenimiento!

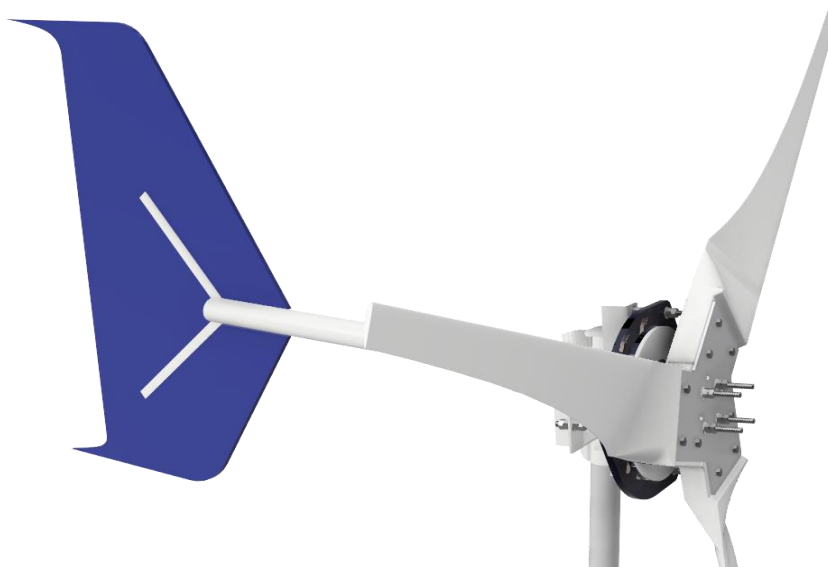
Si bien existen varios niveles para las tareas de mantenimiento, para los fines de este manual vamos a realizar el mantenimiento más completo. Para los casos de instalaciones particulares/comerciales donde esta actividad no tiene contenido pedagógico, haremos mantenimientos simplificados semestralmente y una vez cada 3/4 años, una recorrida completa como la aquí descrita. En el siguiente apartado, hablaremos sobre mantenimiento preventivo, correctivo y cronogramas de acuerdo a las condiciones climáticas a las que el equipo está expuesto.

TAREAS DE MANTENIMIENTO

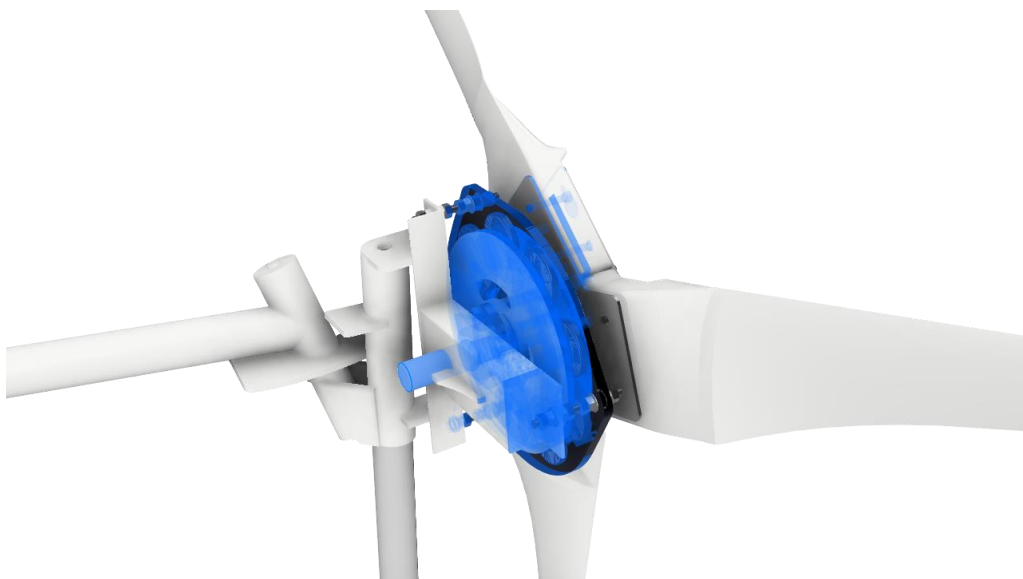
Tareas a realizar sobre el cabezal del aerogenerador

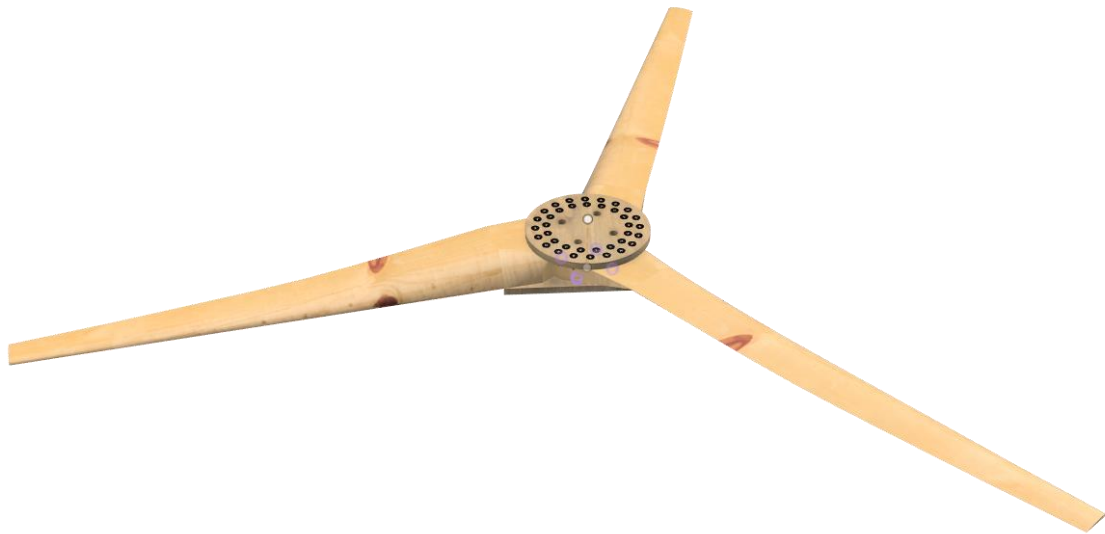
En el cabezal (generador eléctrico, que está entre las aspas y el timón) hay 3 puntos clave a revisar:

1. Estado del alternador(o generador, compuesto por los dos discos de acero, y el estator (bobinas) entre medio).
2. Estado de los rodamientos
3. Estado de la estructura del cabezal.



1. Alternador:



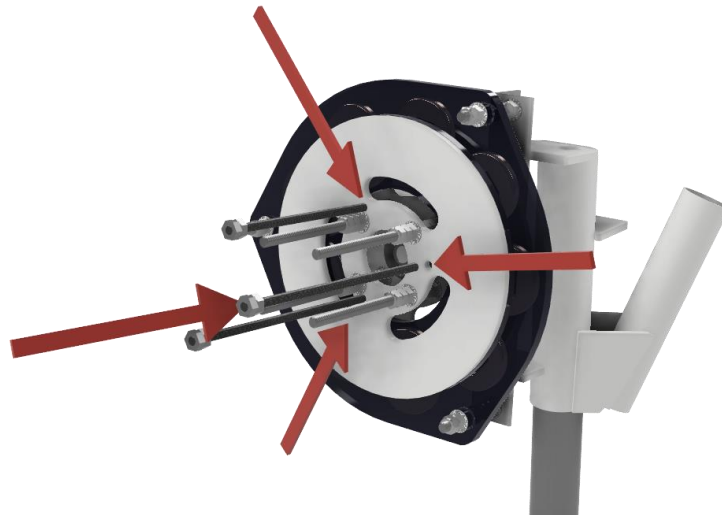


El alternador está compuesto por dos piezas: Estator (bobinas) y rotor (disco de imanes). Su mantenimiento consiste en revisar que estos componentes no hayan rozado entre si o con otros cuerpos extraños. Este rozamiento puede producir el desgaste de la superficie de los mismos, exponiendo los imanes, el cobre de las bobinas o inclusive si el daño es extenso, haber llegado a cortar algún filamento de cobre de las bobinas.

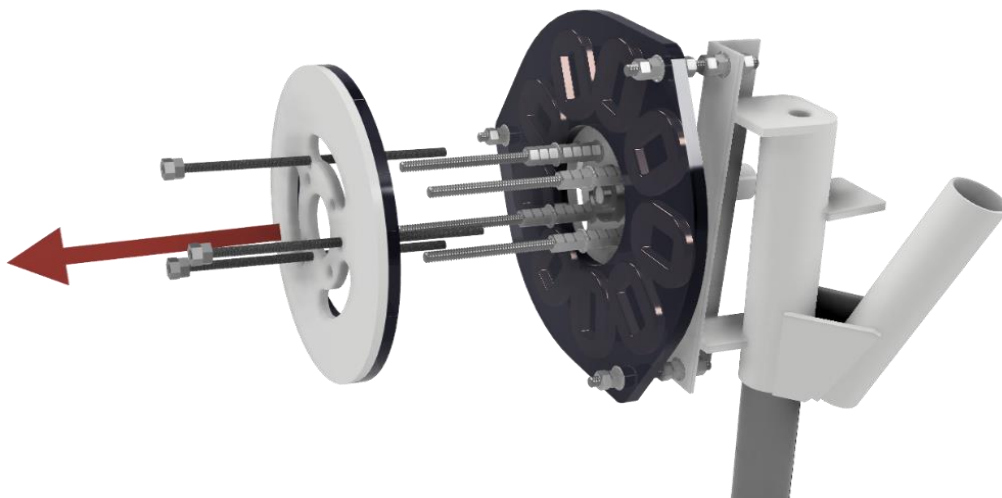
Se debe observar también el estado de los puntos de fijación del estator, en búsqueda de rajaduras o signos de excesos de temperatura, que pueden haber sido producidos por rozamientos o malos contactos en soldaduras de los conductores dentro del estator.

Pasos para desarmar el alternador:

- Retiraremos las tuercas que se encontraban detrás de la hélice, que son las que mantienen el disco del rotor fijo a las 4 varillas roscadas que conforman el eje de la hélice.
- Mientras una persona sostiene el cabezal, la otra procederá a introducir las varillas roscadas extractoras en los orificios para tal fin, mecanizados en el disco frontal del rotor. Las introduciremos hasta que apoyen en el disco trasero.

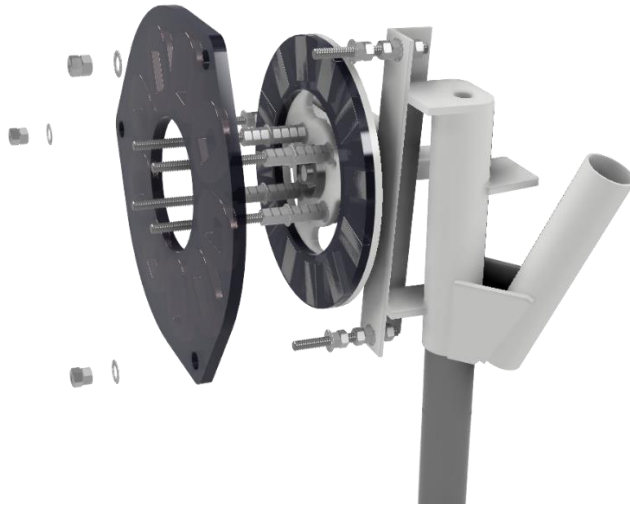


- Una vez que las 3 varillas se apoyan en el disco trasero, podremos empezar a ajustarlas, de manera pareja, un par de vueltas a la vez. A medida que ajustemos estas varillas, el disco empezara a separarse del estator. **NUNCA meteremos los dedos entre el disco y el estator, ya que el mismo se encuentra bajo la influencia de los imanes que componen el rotor, de neodimio, y ejercen una fuerza muy grande.** Recién cuando hayamos separado los discos unos 10cm del estator, podremos tomar el disco con las manos y extraerlo con cuidado de no marcar la rosca de las varillas roscadas del eje.



- Colocaremos el disco metálico con las varillas en un lugar apartado. Si el disco tiene imanes (los aerogeneradores de 2,4m de diámetro o más, tienen ambos discos con imanes), extremaremos las precauciones, ya que cualquier elemento metálico será atraído por estos con mucha intensidad! **Evitar por todos los medios las mesas metálicas!** En este momento podemos aprovechar para darle una mano de pintura o antióxido, de ser necesario.
- Luego retiraremos las tuercas de las tres varillas roscadas que sostienen el estator. Para esto, primero

marcaremos la posición del estator con respecto a ellas. Retiraremos las tuercas y es importante también aflojar las tuercas que fijan estas varillas a la estructura metálica del cabezal, para que el estator pueda deslizar suavemente hacia adelante.



• Con todo el cabezal desarmado, vamos a revisar sus componentes, y realizar las acciones necesarias para repararlas:

1. Revisaremos la estructura en búsqueda de rajaduras o piezas que puedan estar dobladas o deformadas.
2. Lijaremos y pintaremos de ser necesario, cualquier rastro de óxido o metal expuesto al aire libre.
3. Revisaremos la superficie de los rotores en búsqueda de rozamientos, poniendo especial atención en que los imanes no estén expuestos al aire. De encontrar esto, procederemos a cubrir estas superficies con masilla epoxi, resina epoxi de secado rápido (el poxipol es una buena opción) o cianocrilato de ser muy pequeña.
4. Revisaremos el estator en búsqueda de marcas de rozamiento o exposición del cobre al aire. De encontrarlos, cubriremos las marcas y la zona expuesta del cobre con masilla epoxi, resina epoxi de secado rápido o cianocrilato. Prestaremos especial atención en que si el cobre está expuesto, este no haya sufrido una reducción considerable en su diámetro ni se haya cortado. De ser así, deberemos reemplazar el estator. Como solución de emergencia y solo si es posible, podremos realizar una soldadura para unir el filamento roto, pero esto es solo una reparación de contingencia hasta disponer de un nuevo estator. La duración de este tipo de reparaciones es muy corta.
5. Revisaremos las varillas roscadas que sostienen el estator y las que componen el eje del rotor y la hélice, en búsqueda de fisuras o deformaciones visibles. De encontrarlas, se deberá reemplazar dicha varilla.
6. Por último, revisaremos los rodamientos del eje. De detectar vibraciones, o juegos libres entre las bolillas y las pistas, deberemos reemplazar los rodamientos o la maza, dependiendo del tipo de maza que encontremos. También revisaremos si los rodamientos tienen grasa en su interior. Se recomienda tener preparada grasa para rodamientos (amarilla) o de litio (roja) para lubricarlos.

de ser necesario.

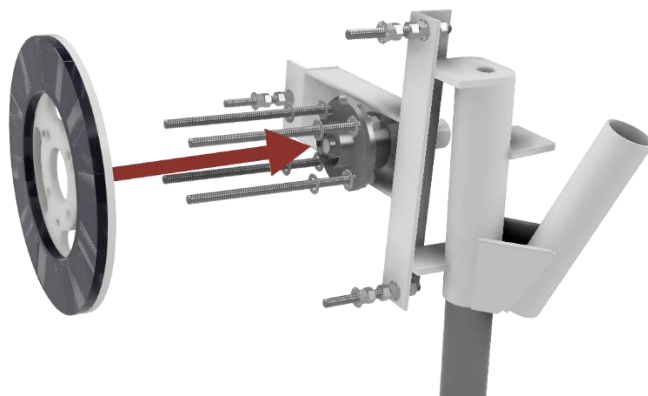
De ser necesario reemplazar la maza, habrá que retirar el rotor con los imanes de la misma, quitando las 12 tuercas que lo mantienen ajustado, teniendo en cuenta sostener las varillas desde la parte trasera del disco con una llave. Estas tuercas, hacen además las veces de espaciador entre ambos discos del rotor.

A partir de aquí, comenzaremos con el re-ensamblado del cabezal. Con todas las piezas pintadas ya secas, y las resinas o adhesivos aplicados ya fraguados, y con todos los elementos que debían reemplazarse colocados, procederemos a ensamblar el cabezal del equipo.

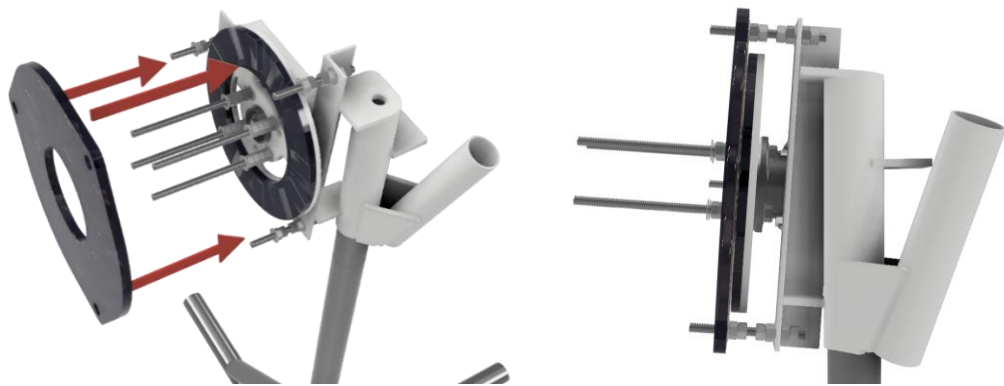
Como en cada etapa de la actividad, antes de comenzarla, realizaremos la planificación, asignación de tareas y recopilación de herramientas y materiales antes de comenzar, para evitar cualquier imprevisto.

Los pasos para el ensamblaje son los siguientes:

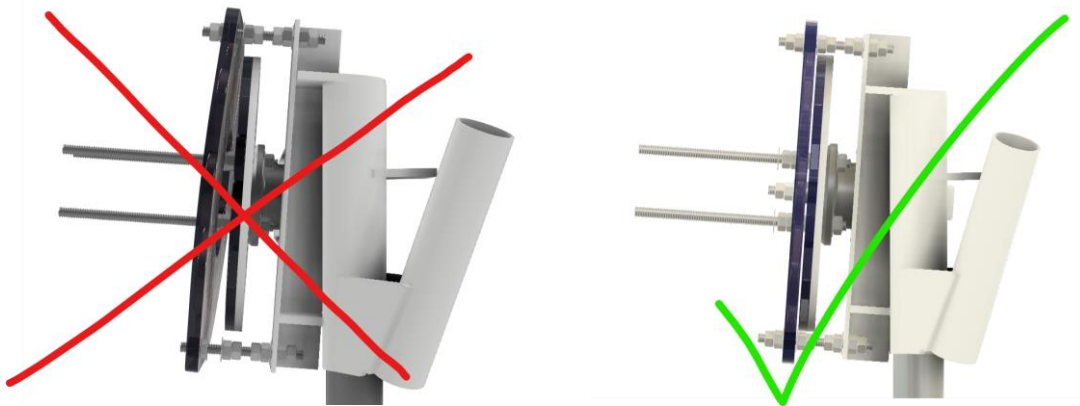
1. Lo primero que haremos es colocar la maza nuevamente en la punta de eje, verificando que no existen holguras entre los rodamientos y este. Si habíamos retirado el disco del rotor con imanes de la maza, colocaremos primero a esta y luego el disco. Extremar la precaución al usar herramientas para ajustar las tuercas y varillas roscadas, por la fuerza magnética de los imanes del rotor.



2. Ajustaremos la tuerca que fija la maza al eje, y la deformaremos o colocaremos el dispositivo de bloqueo que esta posea (existen diversos mecanismos, confirmar cual corresponde con quien nos provea los rodamientos)
3. Colocaremos el estator. Con el movimiento, es seguro que haya cambiado la posición del estator con respecto al rotor. En el siguiente paso explicaremos el proceso de alineación. En este momento, solo colocaremos el estator en las 3 varillas de soporte y colocaremos todas las tuercas como estaban antes de sacarlo, SIN ajustarlas.

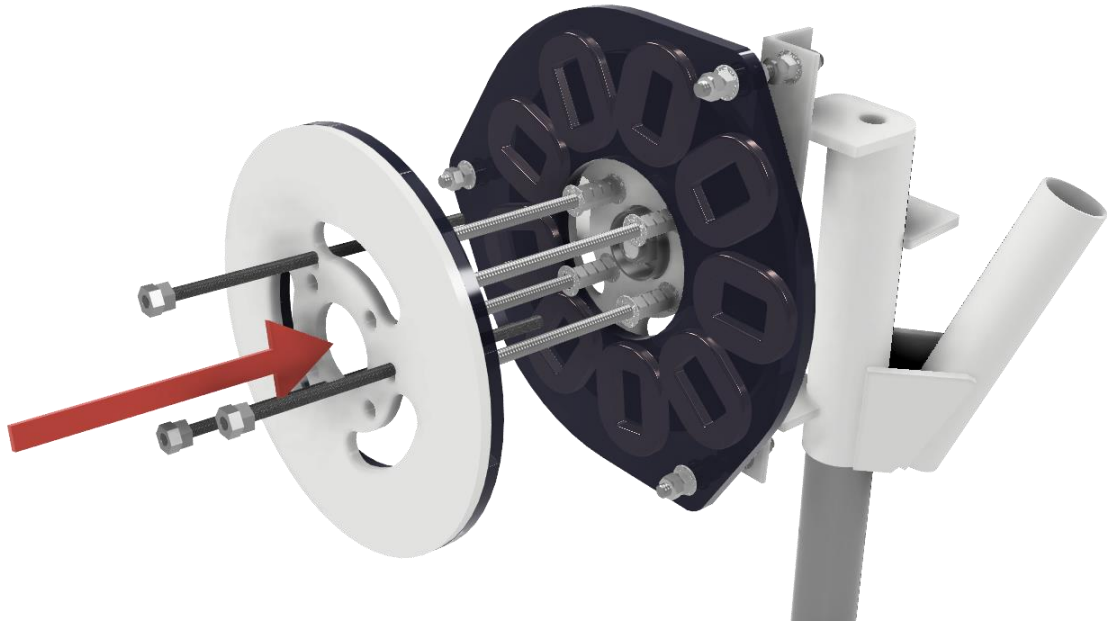


4. Una vez colocado el estator, vamos a alinearlo. Cuando este se encuentre apoyado en las arandelas y tuercas que ya estaban en las varillas roscadas que lo sostienen, y hayamos colocado las arandelas y tuercas que lo presionan contra las anteriores, vamos a mirar el cabezal de costado. Usando las tuercas como herramienta de guía, las iremos ajustando y desajustando hasta lograr que el estator quede lo mas cerca posible del rotor, pero sin tocarlo.



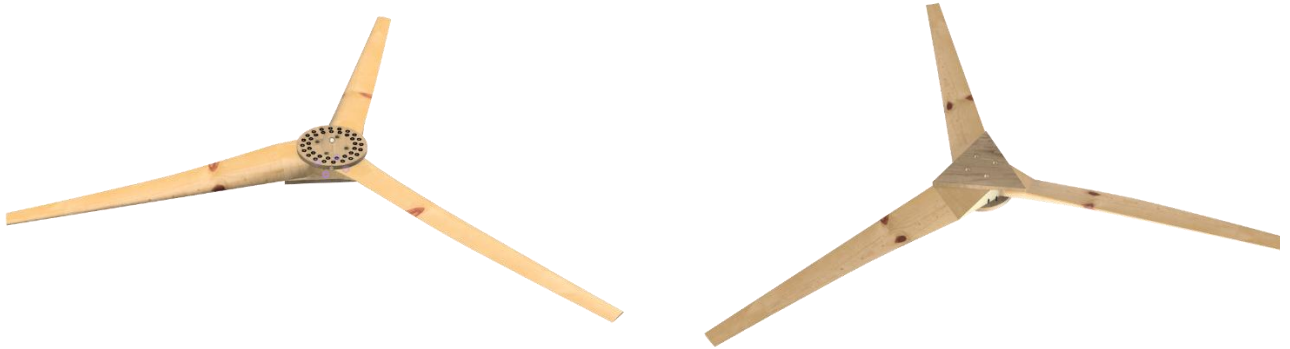
5. Luego de esto, daremos 1mm adicional de luz adicional, esto es aproximadamente una vuelta a cada una de las tuercas que lo sostienen hacia adelante.
6. Cuando realizamos el ajuste, es importante no presionar las tuercas contra el estator, sino una contra la otra (o ambas juntas si deseamos desplazar su posición), debido a que dicho estator está construido en resina epoxi, y podría rajarse. El fin de que las tuercas estén colocadas por pares es justamente poder cambiar su posición para alinear el estator correctamente, y una vez encontrada esta posición, ajustamos cada juego de tuercas una contra la otra firmemente y así logramos una sujeción firme pero sin presionar el cuerpo del estator.
7. Hecho esto, verificaremos que las tuercas colocadas en las varillas roscadas de inoxidable que hacen las veces de eje de la hélice, en una cantidad de 3(TRES) por varilla, estén correctamente ajustadas y colocadas. Pondremos una arandela plana en cada una y verificaremos que estas sobresalgan frente al estator al menos 1 o 2 milímetros. Podremos verificar eso mirando el cabezal de costado. Estas medidas son aproximadas. Si las arandelas quedan dentro de la cavidad del estator, agregaremos arandelas hasta que estas SI sobresalgan del mismo.
8. Tomaremos el disco de acero con las varillas extractoras, nos aseguraremos que estén introducidas en el disco al menos unos 10 cm y lo colocaremos con suavidad en las varillas roscadas del eje de la hélice. A partir de aquí, nos aseguraremos de NO poner dedos entre el disco y el estator. Comenzaremos a desenroscar las varillas roscadas y al principio tendremos que empujar suavemente

el disco par que se acerque al cabezal. En algún punto de esta maniobra, la misma fuerza magnética del otro disco con imanes será quien se asegure que el disco siga aproximándose al estator. Quitaremos las varillas extractoras hasta que el disco externo se apoye en las arandelas planas que habíamos colocado previamente.



9. Retiraremos las varillas roscadas de manera inversa a la que utilizamos para extraer el disco del rotor, permitiéndole que se aproxime al estator lo mas parejo posible, de manera suave y manteniendo el paralelismo entre el disco del rotor y el estator. NUNCA pondremos los dedos entre estos. La operación concluye cuando el rotor esta apoyado en las arandelas y tuercas espaciadoras en las varillas roscadas del eje.
10. Colocaremos las arandelas planas y 3 tuercas por varilla para ajustar el rotor en su posición, y esto concluirá el ensamble del cabezal. Proseguiremos con el resto del mantenimiento.

Mantenimiento de las aspas:



La hélice es un componente fundamental del aerogenerador, y de su correcto funcionamiento depende la vida útil y eficiencia del equipo. De encontrarse dañada, puede producir vibraciones que afecten los rodamientos, articulaciones, timón, alternador y la torre, además de una merma en la eficiencia y producción de energía del equipo.

En nuestro caso, la hélice será de madera, fabricada según las instrucciones proporcionadas en el manual del aerogenerador Piggott. Si respetamos los cronogramas de mantenimiento y los realizamos correctamente, esta hélice de madera puede durar más de 10 años, sin problemas. Pero si no lo realizamos en 2 o 3 años, probablemente deba ser descartada y reemplazada por una nueva. Por esto es vital darle un correcto mantenimiento.

Es importante destacar que un aspa dañada estructuralmente deberá ser reemplazada apenas sea detectada. Ante cualquier duda sobre la integridad estructural de la hélice, optaremos por construir una nueva.

Items a verificar y reparables en una hélice de madera:

1. Estado del borde de ataque:
2. Simetría en las 3 aspas:
3. Chequeo de espesor de cada aspa:
4. Estado de la pintura/recubrimiento protector.
5. Integridad estructural
6. Estado de las piezas centrales de contrachapado
7. Balanceo

Paso por paso:

A modo de ejemplo, en las siguientes imágenes veremos los efectos del tiempo y la erosión en una hélice real:



Reparación de la hélice:

1. Estado del borde de ataque: Las altas velocidades de giro de las hélices de los aerogeneradores, ocasiona que estén sometidos a una gran cantidad de partículas en suspensión que se encuentran en el viento, que pueden erosionar rápidamente las aspas. En zonas de mucho viento y tierra volcánica, un año de funcionamiento del aerogenerador con el aspa desprotegida podría dañarla de manera irreversible. Por esto revisaremos que la forma del borde de ataque este sana y de acuerdo a la siguiente imagen



2. Simetría: Observaremos las 3 aspas, una al lado de la otra. Los bordes de ataque, los bordes de fuga, su longitud, y posibles deformaciones o curvaturas. Si un aspa se encuentra deformada, deberá reemplazarse.

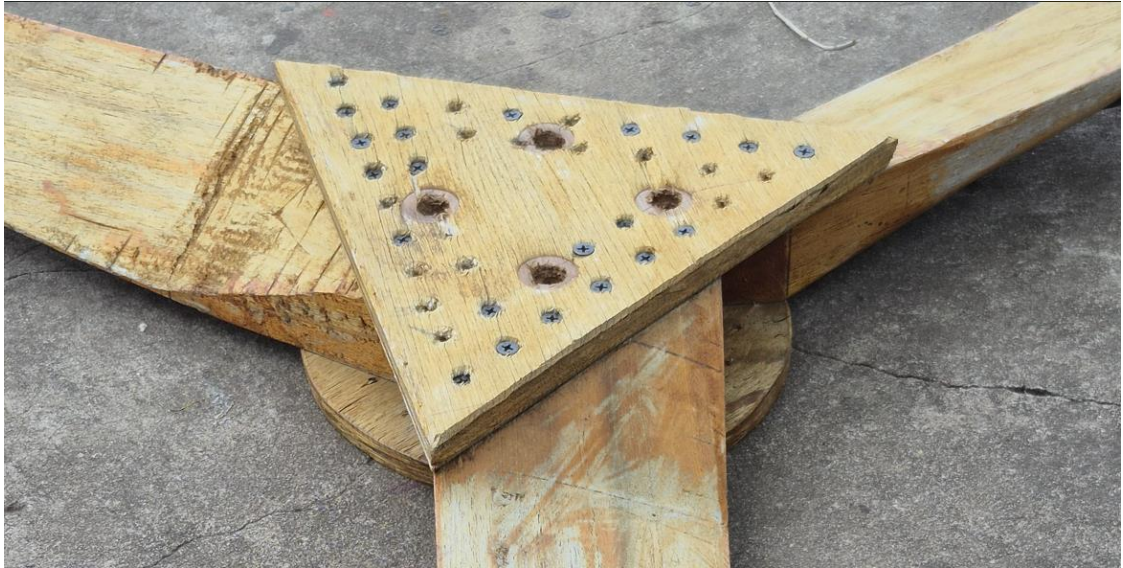


3. Estado de la pintura/recubrimiento: Revisaremos el estado de la pintura, e independientemente de su estado, lijaremos hasta eliminar cualquier resto de barniz o pintura en mal estado. Siempre con lijas finas, el objetivo es eliminar los restos de pintura en mal estado sin alterar la forma de la hélice. Una vez lijada, procederemos a pintar y dar al menos 2 o 3 manos de protector para maderas, al menos 2 de pintura y cualquier protector que decidamos usar, siempre teniendo en cuenta que soporte intemperie, rayos UV y que tenga buena adherencia a la madera. Los protectores náuticos en base de agua, suelen ser excelentes alternativas.
4. Integridad estructural: cuando lijamos el aspa, deberían haber quedado al descubierto cualquier rajadura profunda en la hélice. De encontrarla, la descartaremos y procederemos a fabricar una nueva. Si es muy pequeña, puede ser reparada.



5. Observaremos las piezas centrales (triangulo y circulo) de contrachapado (fenólico). Si están en perfecto estado, las volveremos a utilizar. Ante cualquier signo de deterioro o rajaduras. Las reemplazaremos por piezas nuevas de iguales dimensiones.

Triangulo deteriorado:



Piezas a fabricar, cómo deberían quedar:



Una vez que los tengamos, podremos ensamblar nuevamente las 3 aspas de la hélice con estas piezas.



Con la hélice ensamblada, tomaremos la distancia entre los centros de las varillas roscadas del eje del rotor y la usaremos como referencia para realizar las perforaciones en el conjunto de la hélice. Recomendamos leer atentamente el Manual de Autoconstrucción, páginas 20 y 21, 22 , incluidas en el **Anexo 1** del presente manual, para ver cómo se ensamblan y desensamblan las aspas.

6. Balanceo: Esta operación deberá realizarse con la hélice colocada en el generador, para poder balancear el conjunto. La descripción de este procedimiento la veremos al final del capítulo de ensamble del aerogenerador.

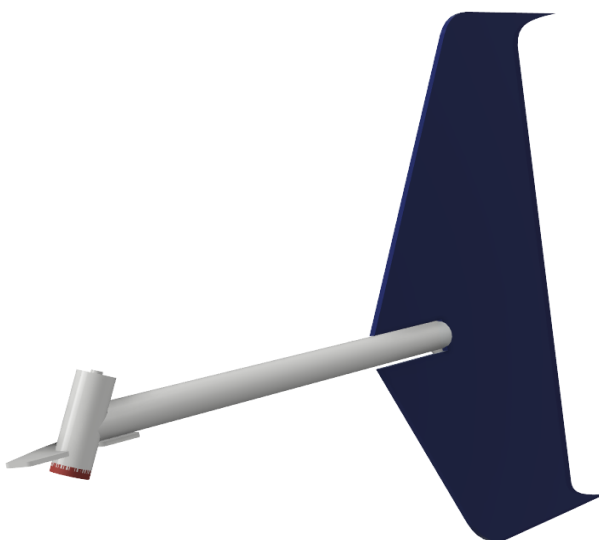
Mantenimiento y ensamblado del timón:

El timón es un componente fundamental del aerogenerador. No solo cumple con la función de orientar la hélice al viento, sino que tiene además la tarea de desviarla de este cuando su velocidad excede los límites estructurales de la máquina, siendo parte fundamental en la composición de su curva de potencia.

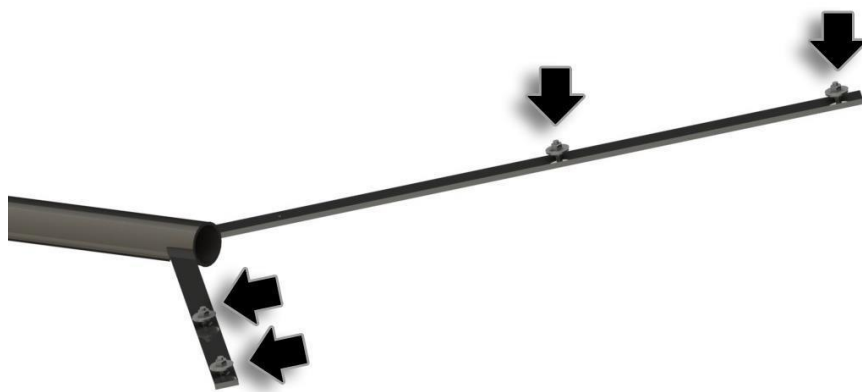
Está compuesto por dos partes: La estructura metálica del timón, y la veleta.

Para la estructura, el mantenimiento se limita a la verificación estructural de los caños y soldaduras, alineación de los soportes de la veleta y estado de la burlonería.

Recomendamos una limpieza profunda de todo el timón y lubricación con abundante grasa de litio en la parte interna de la bisagra que lo acopla al cabezal.



La veleta, de madera, tiene un peso específico de acuerdo al aerogenerador al que pertenece. Se construye en contrachapado fenólico de la mejor calidad posible, y debe ser protegido con pintura o protector para maderas que soporte UV. Las dimensiones de la misma, acordes al tamaño del generador, se encuentran en el manual de autoconstrucción de aerogeneradores (pagina 32)



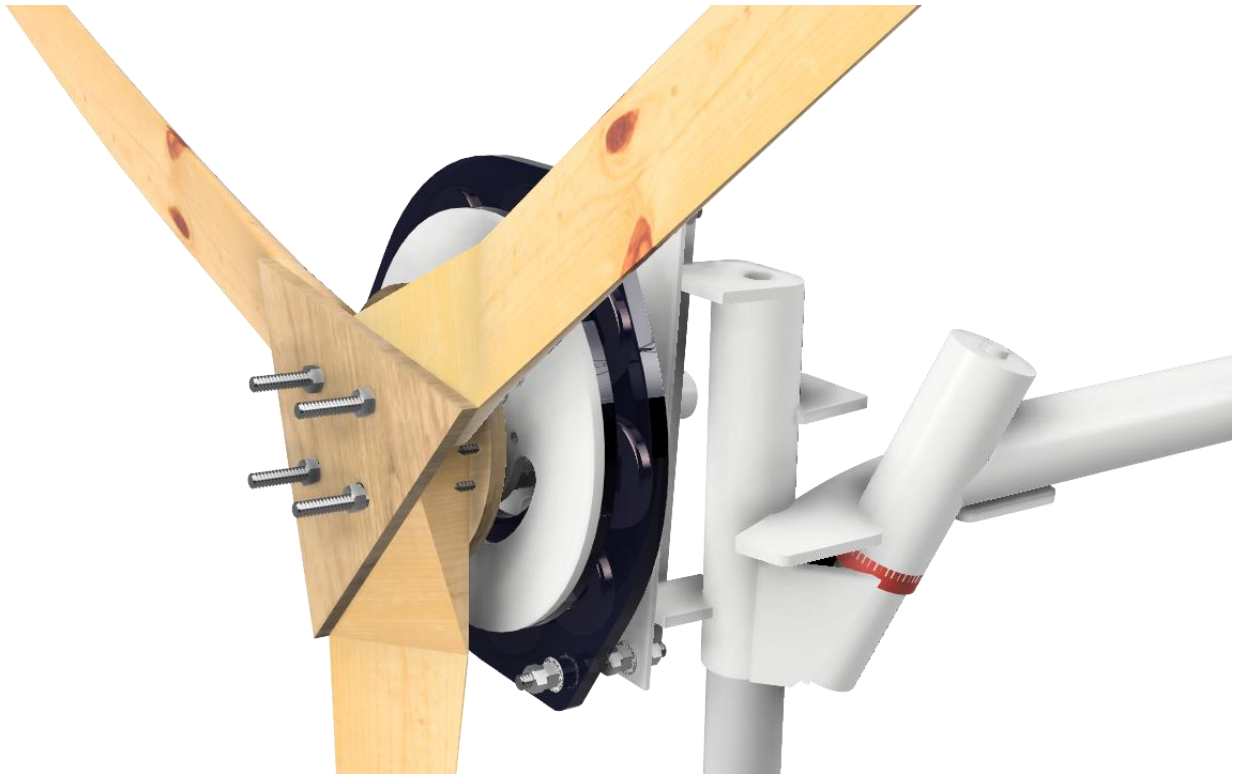
Una vez terminada la veleta, la atornillaremos al timón y este quedara listo para colocar en el cabezal, que se encuentra en el pie de apoyo.



Recién en este momento terminaremos el ensamblaje y balancearemos la hélice.

Para colocar la hélice es necesario sostener el equipo en el pie de apoyo e insertar la hélice a través de los orificios realizados anteriormente. Puede ser necesario darle golpes con una masa de goma, idealmente con un taco de madera para no dañar el centro de la hélice, hasta que las varillas roscadas queden completamente dentro de la hélice. Apenas sobresalgan por el frente, podremos colocar tuercas en las mismas para poder ajustar la hélice por completo.





Balanceo del conjunto Rotor-hélice:

El procedimiento es sencillo. Para realizarlo, necesitamos contrapesos DE PLOMO, idealmente de los autoadhesivos que se utilizan para el balanceo de las ruedas de los autos. El tipo de balanceo es ESTATICO. El sector mas pesado de la hélice será el que indefectiblemente quede apuntando hacia abajo. De manera que colocaremos contrapesos en el lado de la hélice que quede apuntando hacia arriba, teniendo en cuenta las siguientes salvedades:

- Para no debilitar la hélice en las zonas donde su espesor es menor, colocaremos los contrapesos a una distancia del centro no mayor al 30% del radio de la hélice. Esto es además porque a altas RPM, esta zona de la hélice no se ve tan afectada por la deformación que podría causar la existencia de un contrapeso.
- Si una sola aspa queda apuntando hacia abajo, quedaran otras dos apuntando hacia arriba. Tendremos que repartir el peso entre ambas.
- Para encontrar la posición de los contrapesos, debemos presentarlos pegándolos de manera provisoria con cinta adhesiva, idealmente de papel, hasta que ubiquemos su posición y cantidad definitiva. Recién en ese momento, los **pegaremos y atornillaremos** a la hélice.
- Se pueden utilizar otros materiales o componentes como contrapesos, pero es importante poder sujetarlos firmemente a la hélice. Si se sueltan, se convertirán en proyectiles peligrosos para quienes estén cerca del equipo.

Con la hélice balanceada, el equipo estará listo para su montaje e Izaje.

Sistema eléctrico. Mantenimiento de cableados y conexiones.

Cableado de torre.

Instrucciones para el diagnóstico de problemas en el cableado de la torre y correcciones.

- Del generador sale 1 cable tripolar que se empalma con 3 cables unipolares que bajan por dentro de la torre hasta la base. a esa altura cortar el empalme y verificar que los cables unipolares no se encuentren trenzados.



- Si los cables se encuentran trenzados, debido a los giros que el aerogenerador pueda haber dado durante su funcionamiento:
 - Desplace cuidadosamente los cables hacia el extremo inferior de la torre, liberando los mismos. Colocar un alambre o rienda o lo que sea empalmado al cable para poder introducirlo nuevamente.
 - Gire los cables en sentido inverso al trenzado, hasta eliminar completamente las vueltas acumuladas.
 - Asegúrese de que los cables queden rectos y sin tensión antes de volver a instalarlos o guardarlos. Revisar que no estén pelados en ninguna parte.

ATENCIÓN: No fuerce los cables ni utilice herramientas que puedan dañar el aislamiento. Una vez destrenzados, inspeccione visualmente si presentan cortes, endurecimiento o desgaste por fricción. De ser necesario, reemplace los conductores.

Instrucciones para verificación del sistema eléctrico

Cableados – terminales – conexiones

CABLEADO DEL GENERADOR AL SISTEMA ELÉCTRICO

- El sistema eléctrico (Tablero, Baterías, Conversor 220Vca) debe estar en una habitación protegida de la lluvia, en donde no haya temperaturas muy bajas o muy altas (idealmente 10-25°C).
- El cable que une la base del generador al sistema eléctrico debe ser de tipo subterráneo, también conocido como Syntenax (es una marca), ya que debe ir enterrado entre la base de la torre y el tablero.

- El cable subterráneo en cuestión estará conectado, en un extremo, a la bornera que está en la caja roker de la base de la torre, y en el otro extremo, a la bornera de “entrada del generador” del tablero. Se recomienda que todas las conexiones entre cable y bornera estén hechas con terminales como muestra la siguiente figura. Asegurarse que los terminales queden bien ajustados y así evitar calentamientos eléctricos.



Puesta a tierra

- Pida asesoramiento a un electricista para colocar una adecuada puesta a tierra del sistema.
- Recomendamos una jabalina a tierra, para el sistema eléctrico.

Banco de baterías:

- **El equipo** trabaja y almacena en una tensión de 24V de corriente continua.
- Es importante respetar las polaridades: (+) positivo y (-) negativo. SI SE CONECTAN ESTAS POLARIDADES AL REVÉS, SE PUEDEN QUEMAR TODOS LOS EQUIPOS!
- Las baterías generalmente vienen en voltajes de 12V o 6V
- Para tener un banco de baterías en 24 V, debe conectar 2 baterías de 12V en serie, o bien 4 baterías de 6V en serie.
- Para conectar dos baterías en serie, debe conectar el (+) de una batería con el (-) de la otra.

Al tablero eléctrico

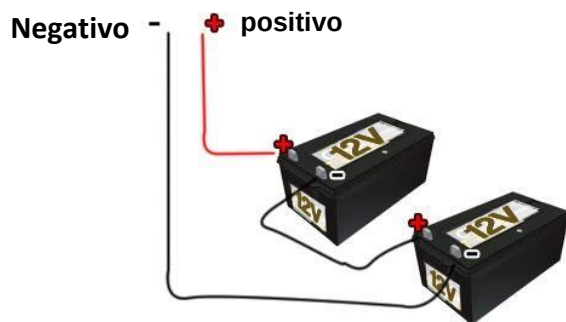
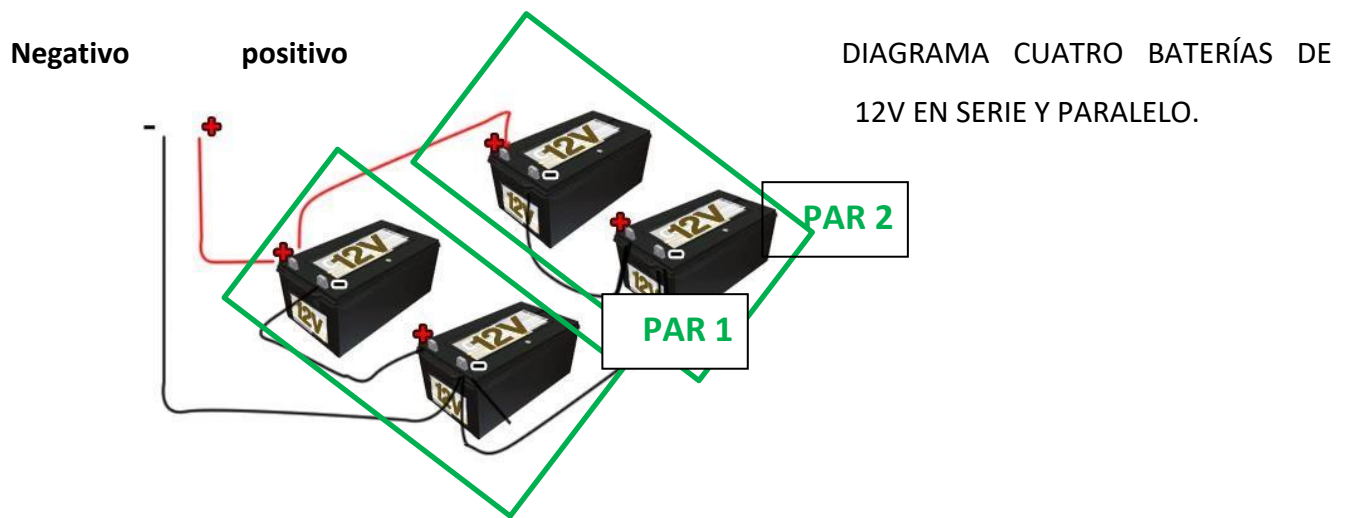


DIAGRAMA DOS BATERÍAS DE 12V
EN SERIE.

$$12V + 12V = 24V$$

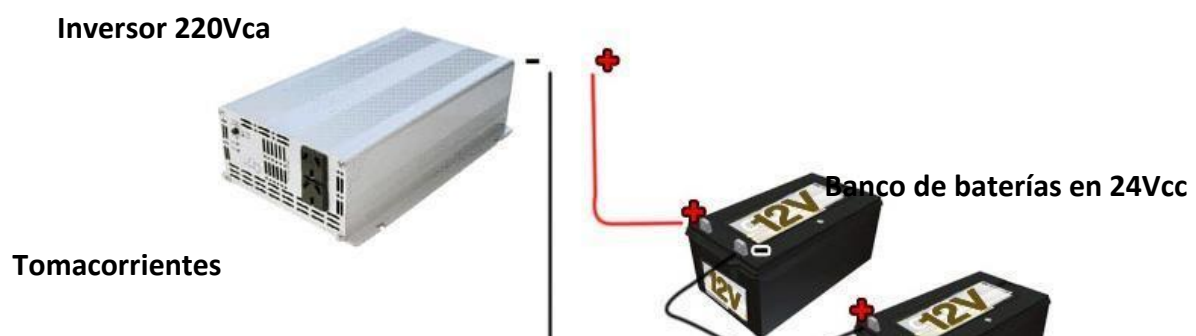
- Si tiene 4 baterías de 12V, debe conectar un par de baterías en serie (como se explicó anteriormente), luego otro par de baterías en serie, de la misma manera, y luego conectar ambos pares EN PARALELO ENTRE SÍ (es decir uniendo los positivos (+) libres de cada par entre sí, y los negativos (-) libres de cada par entre sí).



Inversor

Es el equipo electrónico encargado de convertir la corriente continua del banco de baterías 24Vcc a 220Vca de corriente alterna de uso domiciliario.

- Utilice un inversor del mismo voltaje que su banco de baterías: 12V, 24V, o 48V.
- Lea atentamente el manual de su inversor.
- Es importante respetar las polaridades: (+) positivo y (-) negativo a la entrada del inversor, de lo contrario puede quemar el mismo!
- Algunos inversores tienen un fusible. Si su inversor no funciona, verifique que el fusible no esté quemado.



- Revise las borneras que no estén con óxido o suciedad. De ser así, lije un poco los bornes. Luego conecte los terminales de manera firme.
- Algunas baterías son libres de mantenimiento, por ejemplo, las de marca MOURA CLEAN. En ese caso no requieren ningún otro cuidado más que la limpieza de los terminales.
- En otros casos, las baterías requieren mantenimiento, por ejemplo, las de marca TROJAN/UNION BAT. En ese caso, por lo menos cada 6 meses debe mirar el nivel de agua de las baterías, y completar si hace falta. Para ello, siga los siguientes pasos:
 - Saque las tapas que recubren las baterías por la parte superior.
 - Observe el nivel de líquido. El líquido debe estar mojando completamente las placas, si el nivel bajó dejando parte de las placas sin contacto con líquido, agregue **agua destilada** hasta restablecer el nivel.
 - Este control se debe hacer MÍNIMAMENTE cada 6 meses. Lo ideal es realizarlo una vez por mes.
- Realice una ECUALIZACIÓN cada 6 meses (únicamente en las baterías con mantenimiento, en el caso de baterías de selladas NO REALIZAR). Esto permite alargar la vida útil de las baterías. Para ello, debe seguir los siguientes pasos:
- Verifique que la carga de las baterías sea alta (luz verde). De lo contrario no inicie la ecualización.
- Debe ser un día de mucho viento, ya que la ecualización consiste en una sobrecarga controlada. Si hay vientos moderados o débiles no inicie la ecualización.



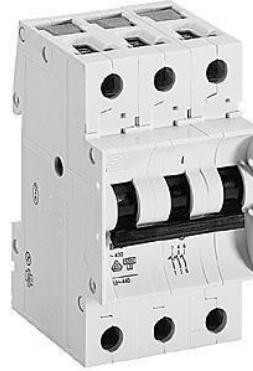
- Mantenga apretado el botón “ecualización” del Regulador por 5 segundos. Esto dará inicio a la ecualización.

Para mayor información revise el manual de uso del Regulador



FRENO MANUAL

Una vez realizadas todas las conexiones entre el generador y el sistema eléctrico. Está listo para izar la torre, pero primero asegúrese de activar el freno en el tablero.



- En su posición activada (hacia arriba) el generador permanece FRENADO.

En su posición desactivada (hacia abajo) el generador está LIBRE.

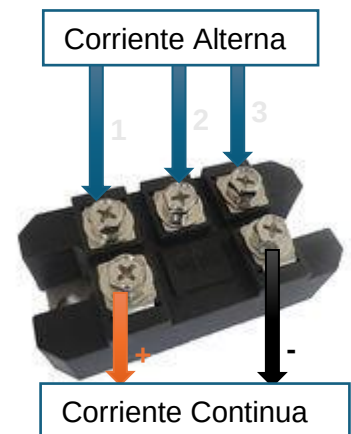
RECTIFICADOR: *(tres puentes de diodos): Verifique cada 6 meses su funcionamiento*

- Es el encargado de transformar la corriente alterna que viene del generador, a corriente continua.
- Consiste en 1 puente de diodos de 100 A
- Se encuentra dentro del tablero eléctrico.
- Está muy sobredimensionado para evitar que el mismo se queme. De ocurrir, hay que cambiarlo.

Chequee el correcto funcionamiento de cada diodo:

- Frenar el generador con la llave térmica.
- Desconectar los 5 cables del rectificador. (1,2,3,+,-)
- Con un tester medir:

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| - Entre conectores 1 y + | - Entre conectores 1 y - |
| - Entre conectores 2 y + | - Entre conectores 2 y - |



- Entre conectores 3 y +
- Entre conectores 3 y -

En cada uno de los casos debe dar continuidad para un lado, e intercambiando las puntas del tester, no debe tener continuidad.

SI ENTRE ALGÚN PAR DE LOS CONECTORES TIENE CONTINUIDAD PARA LOS DOS LADOS, O NO TIENE CONTINUIDAD PARA NINGUNO DE LOS DOS LADOS, EL PUENTE ESTÁ DAÑADO Y HAY QUE REEMPLAZARLO. LOS PUENTES DE DIODOS SE CONSIGUEN EN CASAS DE ELECTRÓNICA.

Mantenimiento cada 6 meses

Es importante realizar las siguientes tareas de mantenimiento CADA 6 MESES.

PARA REALIZAR LAS SIGUIENTES TAREAS DE MANTENIMIENTO CADA 6 MESES, FRENE EL EQUIPO.

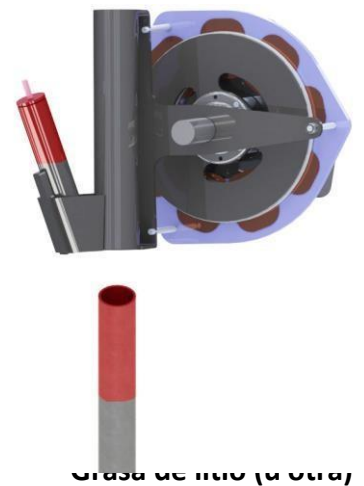
MANTENIMIENTO SISTEMA ELÉCTRICO:

MANTENIMIENTO ESTRUCTURA: AERO + TORRE

PARA REALIZAR LAS SIGUIENTES TAREAS DE MANTENIMIENTO CADA 6 MESES, FRENE EL EQUIPO Y ADEMÁS BAJE LA TORRE SIGUIENDO INSTRUCCIONES DEL 1ER PASO.

ENGRASE DE LOS EJES

- Sacar el timón
- Sacar el generador de la punta de la torre (al hacerlo verifique que en todo momento las aspas estén protegidas y no toquen el suelo, y asegúrese de no tirar demasiado fuerte del cable).
- Engrasar de forma abundante el eje de la torre.
- Volver a montar el generador.
- Engrasar de forma abundante el eje del timón.
- Volver a colocar el timón.



DESENROSCADO DE CABLES

CADA VEZ QUE EL AEROGENERADOR DA UN GIRO COMPLETO SOBRE LA TORRE, LOS CABLES SE TORSIONAN EN UNA VUELTA. AL CABO DE 6 MESES, ES IMPORTANTE DESENROSCAR LOS CABLES QUE ESTÁN DENTRO DE LA TORRE PARA EVITAR QUE POR EXCESO DE FUERZA, LOS MISMOS SE DESCONECTEN EN ALGUNO DE SUS EXTREMOS.

- Abra la caja roker estanca que se encuentra en la base de la torre.
- Desconecte los tres cables que vienen del generador.
- Mire bien para que lado están enroscados y desenrosque.
- Vuelva a conectar los cables a la bornera y cierre la caja estanca.

PINTURA

Observe la estructura de acero del generador, los discos, la cola del timón, las anclas, la torre y su base. Si encuentra partes oxidadas, se recomienda lijar bien la zona y volver a cubrir con una pintura para exteriores.

Observe las aspas y el timón detenidamente. Si encuentra partes despintadas, se recomienda lijar bien la zona y volver a cubrir con una pintura para exteriores.

TUERCAS

Verifique que estén todas las tuercas bien ajustadas, en particular las que sujetan el estator en el generador. (tuerca y contratuerca)

RODAMIENTOS

Verificar que estén firmes.

RESINA

Verificar que ni los rotores ni el estator tengan huecos de aire, ni que los imanes estén descubiertos en ninguna parte. Si es así, rellene con resina o masilla epoxi. Para ello deberá extraer el primer disco de imanes y el disco de bobinas, de manera tal de poder ver las 3 placas en detalle. No hace falta sacar la 3er placa. Ver en página 19 del manual para entender cómo se sacan las distintas placas.

BALANCEO DE ASPAS

Verificar que se encuentre correctamente balanceado.

Para realizar el balanceo estático del rotor, se monta el conjunto del aerogenerador en un soporte firme que permita la libre rotación del eje. Se deja girar la hélice y se observa cuál aspa tiende a posicionarse hacia abajo repetidamente, indicando mayor peso.

Se corrige el desequilibrio añadiendo contrapesos (por ejemplo, plomo adhesivo) en la cara anterior del aspa más liviana, preferentemente cerca de la raíz, donde la estructura es más robusta. Este proceso se repite hasta lograr que el rotor permanezca en equilibrio estático, sin que ninguna pala tienda a descender por su propio peso.

RIENDAS

Verificar su tensión como mínimo cada 6 meses.

La torre posee 8 riendas (2 juegos de 4). Verificar que esté vertical con nivel y ajustar la tensión de las riendas mediante los tensores ojo-gancho en las bases. Aflojar o tensar según sea necesario hasta que la torre quede recta y todas las riendas firmes y parejas.

Una vez terminadas todas las tareas de mantenimiento anteriormente mencionadas, verifique que el freno esté colocado en posición “frenado”, y vuelva a izar la torre siguiendo las explicaciones del IZAJE DEL GENERADOR de este manual.

Mantenimiento cada 4 años

Además de las tareas anuales y semestrales, cada cuatro años debe agregar las siguientes tareas de mantenimiento:

BATERÍAS

Cuando se cargan y descargan muy rápidamente, y la situación no mejora haciendo una ecualización, significa que ya no están en buen estado y han llegado al final de su vida útil.

- La vida útil de las baterías suele ser de aproximadamente 4 años, aunque varía bastante según la calidad y el correcto uso de las mismas.
- Asegúrese de devolver las baterías usadas a lugares donde puedan reciclar sus componentes, generalmente los vendedores las toman. Así genera un impacto mucho menor al medio ambiente.

RODAMIENTOS:

- La maza tiene dos rodamientos estándar de automóvil.
- Estos mismos se reemplazan en casos donde estos se encuentran dañados.
- Se reemplaza todo el conjunto de masa con rodamiento. El mismo se vende como masa de fiat, típicamente usado para Trailer.
- Si no sabe realizar esta maniobra, compre los repuestos y lléveselos junto a la maza a un taller mecánico de autos.



ARMADO DEL GENERADOR:

- Vuelva a colocar el disco 2, el que contiene los imanes.
- Vuelva a colocar el estator. Reemplace las tuercas auto frenantes por nuevas. Deben ser de acero inoxidable.
- Vuelva a colocar el disco 1, que no contiene los imanes, utilizando las varillas de extracción.
- Desenrosque lentamente las 3 varillas, para que los discos se acerquen de forma pareja. manteniéndose siempre paralelos entre si



NUNCA PONGA LOS DEDOS ENTRE LOS DOS DISCOS.



- Una vez que llegue a su posición final, retire las varillas de extracción.

- Verifique que el estator no toque ninguno de los rotores. Si en alguna posición entran en contacto, ajuste la posición del estator utilizando las tuercas que lo ajustan a la estructura, hasta que el estator quede en una posición en que no toca a ninguno de los dos rotores.
- Coloque y ajuste la tuerca y contratuerca que ajustan el disco de imanes exterior.
- Engrase los ejes de ser necesario.
- Vuelva a colocar el generador en la torre.
- Reconecte los cables a la bornera de la caja estanca.
- Vuelva a ensamblar las aspas al generador.
- Engrase los ejes de ser necesario.
- Vuelva a ensamblar el timón al generador.

Asegúrese de que el freno esté en posición “frenado”.

Luego, vuelva a izar la torre siguiendo las explicaciones del IZAJE DEL GENERADOR de este manual.

Coloque el tester en posición de medición de tensión de alterna (U 200V)

- En un día con viento, mida la tensión entre 2 bornes, y verifique que es similar las 3 combinaciones posibles. Debe hacerlo sobre la bornera que se encuentra en el tablero eléctrico, que recibe los 3 cables del aerogenerador.



Borner

para
en el
que:

- Si al medir tensión entre 2 fases cualesquiera sean, el valor arrojado por el tester es "0", entonces puede ser

1- hay un cortocircuito entre esas 2 fases (Es requisito que haya viento y no esté frenado el equipo).

2- Hay una fase abierta, por lo que 2 fases están bien, y una tercera no.

¿Cómo hacer para identificarlo? Vamos a llamar a las fases 1, 2 y 3 como R, S y T

Ejemplo 1)

Una de las fases está desconectada: La fase R está desconectada, tenemos circuito abierto en una de las fases.

- Mido entre R y S y me arroja $V=0$
- Mido entre R y T y me arroja $V=0$
- Mido entre S y T y me arroja $V=\text{valor normal}$ (entre 10 y 100V dependiendo del viento que haya)

Ejemplo 2)

Cortocircuito entre 2 fases: Fase R y S están en cortocircuito

- Mido entre R y S y me arroja $V=0$
- Mido entre R y T y me arroja $V=\text{valor normal}$ (entre 10 y 100V dependiendo del viento que haya)
- Mido entre S y T y me arroja $V=\text{valor normal}$ (entre 10 y 100V dependiendo del viento que haya)

MONTAJE E IZAJE DEL AEROGENERADOR:

Montaje del generador

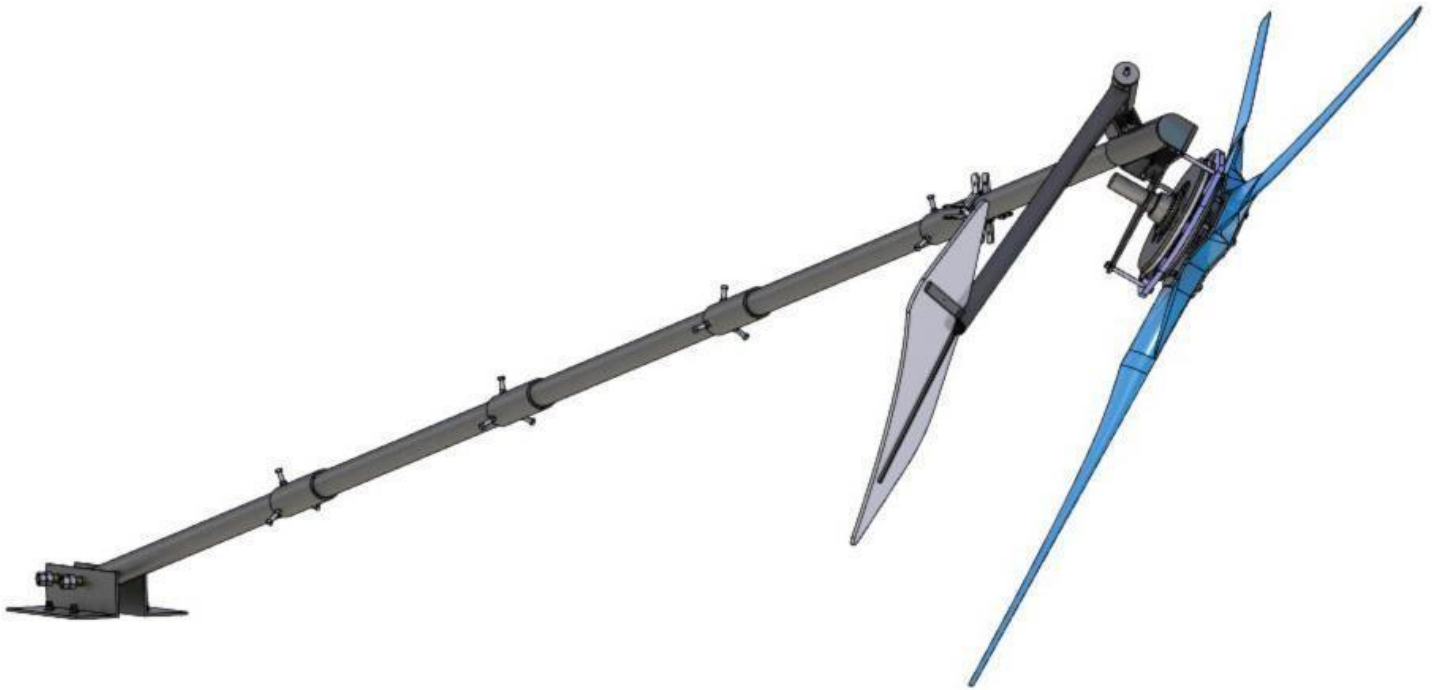
Primero, engrase el eje en que el cabezal se encastra en la torre, y el eje del timón.

- Abundante grasa de litio (roja) en la punta de los ejes.



- El generador quedará totalmente montado, como muestra la siguiente figura. Preste atención al colocar el timón ya que esto hará que el cabezal gire nuevamente un poco (verifique que el timón sea colocado del lado correcto, simulando el movimiento del furling), VERIFIQUE QUE LAS ASPAS NO

TOQUEN EL SUELO!



¡No izar el aerogenerador hasta que no esté instalado el tablero eléctrico, totalmente conectado y activado el freno!

Procedimiento de izaje



REVISE LOS SIGUIENTES PUNTOS ANTES DE CONTINUAR:

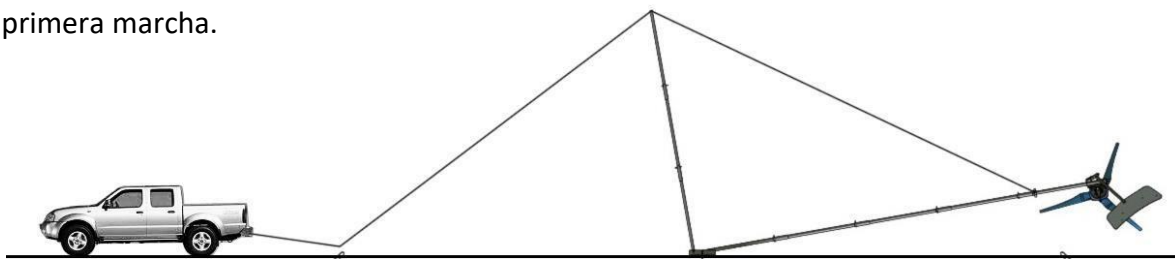
- Tarea de por lo menos dos personas. 
- FRENO del generador activado, compruebe que las aspas **no** giren con facilidad.
- En lo posible que sea en un momento del día con buena luz, y con poco viento.
- Riendas laterales enganchada a sus tensores (previamente aflojados) y a sus riendas de seguridad
- Riendas traseras enganchadas con sus respectivos tensores y riendas de seguridad.
- Rienda de izaje correctamente enganchada al vehículo, idealmente usando un grillete, lo que facilita y acelera la maniobra.
- Despeje los alrededores de la torre de personas curiosas, niños, animales, etc.

Si cuenta con un vehículo para realizar el izaje:

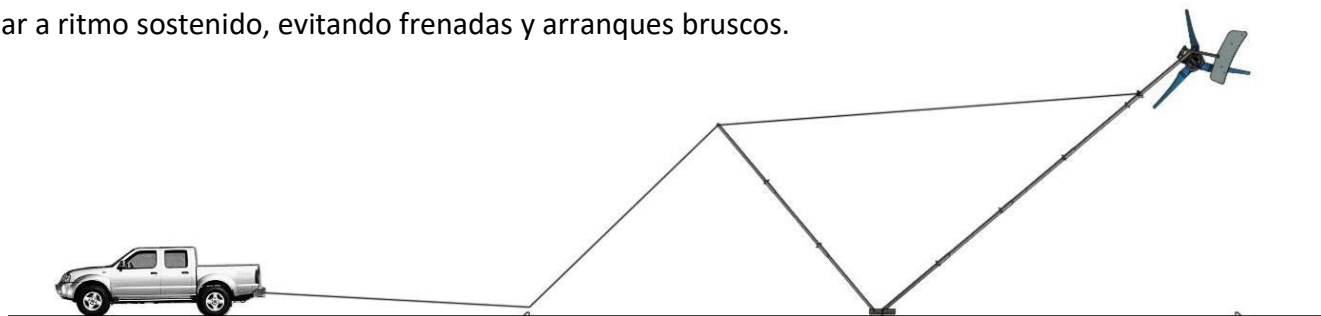
- Siempre utilice el vehículo en el primer cambio. El avance del vehículo debe ser MUY lento y continuo. Debe estar muy atento a frenar un poco antes de que la torre llegue a su posición vertical.
- El conductor del vehículo debe prestar atención a la persona que lo guía.
- La persona que guía, debe posicionarse en un lugar donde vea la torre y sus anclajes.
- Idealmente a un costado de uno de los pilotes laterales.
- Desde donde el conductor del vehículo vea sus señales de avanzar / frenar con claridad.

DIAGRAMA IZAJE

1 Arranque suave, en primera marcha.

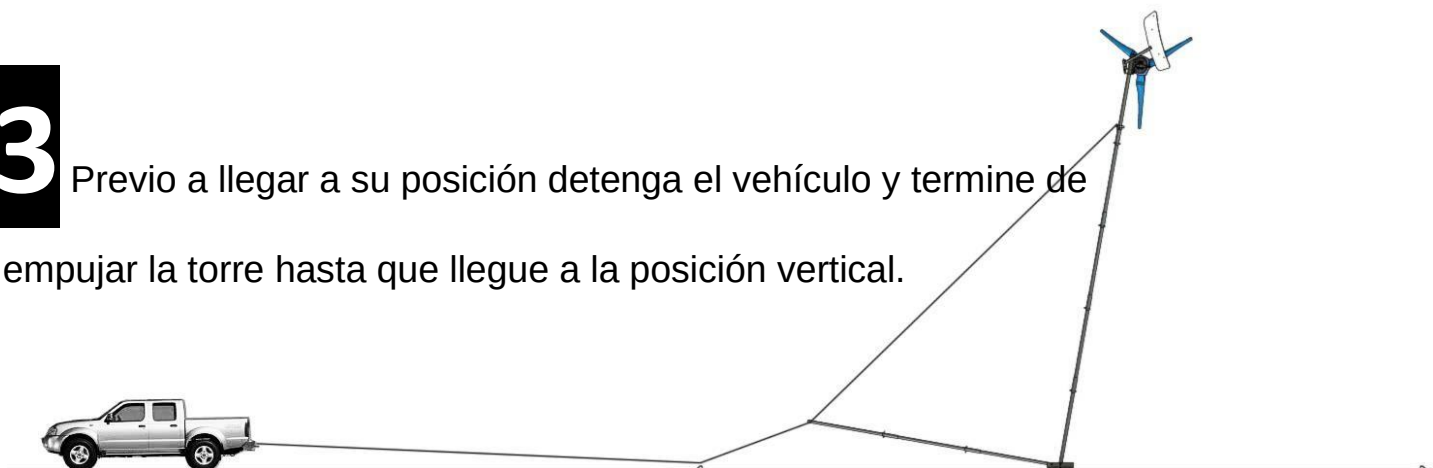


2 Continuar a ritmo sostenido, evitando frenadas y arranques bruscos.



- Una vez alcanzada la posición vertical, enganche la rienda **“frente”** al anclaje. (La mas cercana al vehículo)
- Ajuste los tensores de los 4 lados hasta tener la torre lo más vertical posible. (medir con nivel y a ojo)
- No desenganche el vehículo hasta que la torre esté enganchada en sus 4 pilotes.

3 Previo a llegar a su posición detenga el vehículo y termine de empujar la torre hasta que llegue a la posición vertical.



Revise por última vez las riendas, tensores, anclajes. Si todo está correctamente agarrado, puede proceder a desenganchar el vehículo y liberar el freno del equipo.

Chequeo general de riendas – conexiones – alineación de torre. Ajuste final de riendas

Puesta en marcha y mediciones de comprobación

Es importante monitorear el sistema, para mejorar su funcionamiento y prolongar la vida útil del mismo, y realizar correctamente todas las tareas de mantenimiento indicadas.

- Si planea ausentarse por un periodo prolongado de tiempo, active el freno eléctrico.
- Controle que no haya humedad o calor excesivo en la sala de baterías / controlador / inversor.
- Realice las tareas de mantenimiento indicadas cada 6 meses y cada 4 años.
- La corriente alterna de 220V a la salida del inversor puede ser peligrosa si no se trata con cuidado, siempre consulte o contrate un electricista matriculado.
- Si el voltaje de las baterías fuera bajo, el inversor automáticamente cortará el suministro de corriente alterna 220V. Esto sucede, para bancos de baterías de 24V, cuando la tensión de las baterías desciende por debajo de aproximadamente los 22V.
- Para alargar la vida útil de las baterías, es MUY importante que no se descarguen las mismas por debajo de su tensión nominal (en el caso de un banco de 24V, la tensión de las baterías no debe descender por debajo de los 24V, es decir que cuando las mismas alcanzan ese valor, se debe desconectar los equipos de consumo para evitar que las baterías se sigan descargando)

Preguntas frecuentes

HAY VIENTO SUFICIENTE, PERO LAS ASPAS NO GIRAN.

- El aerogenerador está frenado.
- Aero mal orientado, cabezal clavado en la torre.
- El puente de diodos está quemado.
- Los rodamientos se gastaron o rompieron.
- Hay un rozamiento entre el estator y alguno de los rotores. En este caso debe volver a ajustar las tuercas que sujetan el estator.
- Hay un cortocircuito en la salida del estator, o en la bornera de la caja roker de la base de la torre, o entre los cables que van desde el estator hasta el tablero o en las bobinas del estator.
- Aspas rotas o mal colocadas, puestas al revés.

HAY VIENTO SUFICIENTE, LAS ASPAS GIRAN, PERO LAS BATERÍAS NO SE CARGAN.

- Alguno de los diodos está quemado, en el rectificador trifásico.
- El circuito está abierto en algún lado (cables desconectados de alguna caja roker, o de alguna bornera del tablero, o algún fusible del tablero está roto o en las bobinas del estator).

EL MOLINO GIRA DEMASIADO RÁPIDO, EMBALADO.

- El circuito está abierto en algún lado (cables desconectados de alguna caja roker, o de alguna bornera del tablero, o algún fusible del tablero está roto, o en las bobinas del estator).

LAS BATERÍAS SE DESCARGAN RÁPIDAMENTE.

- Baterías gastadas. Si son con mantenimiento, se podría probar de ecualizarlas, sino ya están al fin de su vida útil.
- Se consume mucho más de lo que se genera.

LA TORRE VIBRA MUCHO.

- Conjunto hélice y rotor desbalanceado.
- Tensores flojos.
- La torre no está en posición vertical.

SE ROMPIÓ UN ASPA.

- No se pueden reparar las aspas, salvo desgastes menores que se pueden masillar/encolar, debe fabricarse

una nueva y reemplazarla

Soluciones

DIODO QUEMADO:

- Revise con un tester el puente de diodos y reemplace en caso de estar dañado. En la sección MANTENIMIENTO SEMESTRAL se indica cómo realizar esta tarea.

CIRCUITO ABIERTO:

- Para que el generador funcione tiene que haber continuidad en las conexiones eléctricas desde el mismo hacia el tablero eléctrico.

GENERADOR -> CAJA ESTANCO SUPERIOR -> CAJA ESTANCO PIE DE TORRE -> BORNERA ENTRADA TABLERO

- Si alguna conexión está floja, oxidada, o sin conectar. El circuito esta abierto.
- Revise que los cables no estén cortados. Revise borneras y terminales.

CORTOCIRCUITO:

- El generador utiliza un cable de tres polos. Si alguno de los polos entra en contacto con otro, el circuito eléctrico queda cortocircuitado y el generador se frena.
- La llave de freno actúa de esa forma, pone en cortocircuito las tres fases.
- Revise que el freno esté en su posición abierta.
- Revise las borneras y conectores.
- Revise que los cables no estén dañados o en cortocircuito a lo largo de la instalación.

BATERÍAS GASTADAS:

- Intente resolverlo con una ecualización.
- Si continúan sin funcionar correctamente, han llegado al final de su vida útil, reemplazarlas por nuevas.
- Asegúrese de devolver las baterías usadas a lugares donde puedan reciclar sus componentes, generalmente los vendedores las toman. Así genera un impacto mucho menor al medio ambiente.



SISTEMA FOTOVOLTAICO

1. Conexión del Panel Solar a la Caja de Conexión



Caja roker



Cables solares (+ y -)

- Identificar los cables de salida del panel (positivo y negativo).
- Conectar los cables del panel a las borneras dentro de la caja estanca, respetando la polaridad.
- Asegurar que la caja de conexión esté bien sellada para evitar filtraciones de agua.

2. Conexión del Cable Subterráneo

- Desde la caja estanca, conectar un cable subterráneo de corriente continua hasta el inversor.
- Asegurar que el cable esté enterrado con protección mecánica (caño corrugado o cañería PVC).
- Comprobar la continuidad del cable con un multímetro antes de cerrar la instalación.

3. Conexión al Inversor con Regulador Incorporado



Inversor Voltronic 3kW

- Identificar los bornes de entrada de corriente continua en el inversor.
- Conectar el cable positivo del panel al borne positivo del inversor y el negativo al borne negativo.
- Verificar que el inversor reconozca la entrada solar correctamente. (figura en la pantalla del inversor una imagen del panel solar dentro de un esquema simplificado de la instalación)

DE NO PODER SOLUCIONAR ALGÚN INCONVENIENTE. CONTÁCTESE CON LA INSTITUCIÓN QUE FABRICÓ EL EQUIPO O ESCRÍBANOS A LA SIGUIENTE DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO Y LE RESPONDEREMOS A LA BREVEDAD:

500RPM: info@500rpm.org.

EJERCICIOS PRÁCTICOS: PRUEBAS Y MEDICIONES

Una vez comprendido el sistema de generación híbrido en su totalidad proponemos distintos ejercicios prácticos para que los estudiantes apliquen lo aprendido hasta el momento y consoliden sus conocimientos. Con este fin, se llevarán a cabo mediciones del funcionamiento del aerogenerador y del panel solar para evaluar su comportamiento en diferentes configuraciones con el fin de comprender la influencia de las variables más relevantes en su desempeño.

En todos los casos, para realizar los ejercicios propuestos es necesario exponer el aerogenerador al viento en algunos casos y en otros casos el panel solar al sol. En caso de no haber suficiente recurso es recomendable aguardar a un momento de mayor recurso para que las pruebas tengan más relevancia. De esta manera se probará el equipo en óptimas condiciones.

El aerogenerador comenzará a generar energía cuando la velocidad del viento sobre las aspas sea de alrededor de 3 m/s. Se recomienda contar con un anemómetro (no incluido en el kit) para medir la velocidad del viento. En caso de no contar con dicho instrumento, se puede buscar información del viento relativa al lugar y al horario en que se realizan las pruebas en la página web www.windguru.com, para tener una referencia de la velocidad del viento aproximada. Se recomienda además contar con un multímetro (no incluido en el kit) que permita medir la frecuencia para poder calcular las RPM de las aspas.

Las variables que se medirán son:

- Velocidad del viento.
- Voltaje (V).
- Corriente (A).
- Frecuencia de la corriente alterna a la salida del generador (Hz).

Sobre la base de dichas variables, luego se podrán calcular los siguientes resultados:

- Potencia generada (W).
- Energía que se obtendría en un día con 12 horas equivalentes de dicho recurso eólico (es decir, un factor de capacidad del 50%)
- Revoluciones por minuto (RPM) de las aspas.
- Tip-speed ratio.
- Eficiencia total del sistema (entendida como ratio entre la energía obtenida y la energía

cinética del viento que atraviesa las aspas).

Por último, se alterarán algunos parámetros en los ejercicios prácticos con el fin de verificar los cambios en los resultados. Las variables que se modificarán son:

- Velocidad del viento.
- Distancia entre el estator y el rotor en el generador.

Una vez conectados todos los componentes son posibles múltiples pruebas y ejercicios prácticos. A continuación, se proponen algunos, pero se pueden realizar otros que los docentes o los alumnos y las alumnas crean pertinentes.

Ejercicio 1: Medición de la velocidad de viento

Instrucciones: Medir la velocidad del viento en varios puntos del sitio de pruebas. En caso de contar con un anemómetro.

Preguntas:

- a) ¿Qué diferencia notan en las distintas velocidades del viento? ¿A qué se puede deber esta diferencia?
- b) ¿Cómo influye la presencia de obstáculos en la estabilidad del flujo del viento?
- c) Si tuvieran la posibilidad de medir a diferentes alturas, ¿qué esperarían que suceda con la velocidad del viento?
- d) Según sus mediciones, ¿consideran que el sitio de pruebas es adecuado para la instalación de un aerogenerador? ¿Qué mejoras podrían hacer para optimizarlo?

Ejercicio 2: Generación de potencia

Instrucciones: Registrar la generación de tensión y la corriente para cada velocidad del viento.

Luego con la fórmula a continuación calcular la potencia:

$$W = V * I$$

Preguntas:

- ¿Cómo varía la potencia generada a medida que aumenta la velocidad del viento? ¿Es una relación lineal o exponencial?
- ¿La potencia generada varía dependiendo de la carga conectada al aerogenerador? ¿Cómo lo explicarías?
- ¿Hay un punto en el que el aerogenerador deja de aumentar su potencia a pesar de que el viento sigue aumentando? ¿Por qué ocurre esto?
- ¿Cuál es la curva de potencia del aerogenerador? (m/s - W)

Ejercicio 3: Tensión de funcionamiento

Instrucciones: Con un multímetro medir la tensión en la bornera del rectificador del estator en AC entre 2 de las 3 borneras de entrada. Luego, registrar la tensión DC en los 2 bornes de salida del rectificador.



Multímetro

Preguntas:

- a) ¿El aerogenerador produce AC o DC?
- b) ¿Qué instrumento es el encargado de pasar de voltaje en AC a DC?
- c) ¿Cómo varía la tensión en AC cuando aumenta la velocidad del viento? ¿Y la tensión en DC?
- d) ¿Cómo cambia la tensión cuando se conecta una carga al sistema? ¿Disminuye, se mantiene o aumenta?
- e) ¿Por qué el aerogenerador no puede cargar directamente una batería con corriente alterna?

Ejercicio 4: Freno eléctrico

Instrucciones: Con el aerogenerador girando a la máxima velocidad posible, accionar el interruptor de freno del tablero eléctrico.

Preguntas:

- a) ¿Qué sucede al mover el interruptor de freno?
- b) ¿Cómo actúa el freno eléctrico sobre el aerogenerador? ¿Por qué se detiene?
- c) ¿Qué otras formas de frenado existen en aerogeneradores de mayor tamaño? ¿Cómo se comparan con el freno eléctrico?
- d) ¿Qué sucede con la tensión y la corriente en las terminales del generador cuando se acciona el freno?
- e) ¿Por qué es importante contar con un sistema de frenado en un aerogenerador? ¿Cuándo debería usarse?

Ejercicio 5: Medición de frecuencia

Instrucciones: Con el multímetro, medir la frecuencia de la alterna que sale del generador.

Fórmulas necesarias:
$$RPM = \frac{60 * f}{N_p}$$

RPM= Revoluciones Por Minuto

f= frecuencia

Np= Número de polos del alternador

Preguntas:

- a) ¿Cómo se relaciona la frecuencia medida con la velocidad de giro del rotor?
- b) ¿Cómo podemos calcular la velocidad de giro del rotor si conocemos la frecuencia?
- c) ¿Cómo podemos usar la frecuencia medida para calcular el tip-speed ratio (TSR)?
- d) ¿Cómo influye el número de fases del generador en la frecuencia de la señal de salida?
- e) ¿Cómo se compara la frecuencia generada con la frecuencia de la red eléctrica? ¿Es necesario adaptar la frecuencia antes de inyectarla a la red?

Ejercicio 6: Cálculo de eficiencia

Instrucciones: Para los Ejercicios 2 y 5 antes descritos, calcular la eficiencia del aerogenerador como ratio entre la potencia generada y la potencia cinética del viento incidente sobre el rotor de aspas.

Preguntas:

- a) ¿Cómo se define la eficiencia de un aerogenerador?
- b) ¿Cómo calculamos la potencia del viento que impacta sobre el rotor?
- c) ¿Cómo se calcula la potencia eléctrica que entrega el aerogenerador?
- d) ¿Cómo se compara la eficiencia medida con valores típicos de aerogeneradores comerciales

Prácticas correspondientes a la generación solar:

Ejercicio 7: Evaluación de la orientación e inclinación del panel solar

Instrucciones:

- Observar la posición en la que está instalado el panel solar.
- Medir el ángulo de inclinación del panel con un transportador o inclinómetro.
- Anotar la orientación (norte, sur, este u oeste) usando una brújula o una app de orientación.

Preguntas:

- a) ¿Hacia qué dirección está orientado el panel solar y por qué?
- b) ¿Cómo afectaría la generación si el panel estuviera orientado en otra dirección?
- c) ¿Cómo cambiaría la inclinación óptima en distintas estaciones del año?

Ejercicio 8: Generación de potencia del panel solar

Instrucciones: medir la tensión y la corriente generada por el panel solar en diferentes niveles de radiación solar.

Pregunta:

- a) ¿Cómo varía la generación de potencia con la radiación solar?

Ejercicio 9: Influencia del ángulo de inclinación

Instrucciones: Realizar mediciones de tensión y corriente variando la inclinación del panel solar en diferentes ángulos.

Pregunta:

- a) ¿Cómo afecta la inclinación del panel a su rendimiento?

Ejercicio 10: Sombras y rendimiento del panel solar

Instrucciones: Cubrir parcialmente el panel solar con diferentes objetos y registrar la variación de la tensión y la corriente generada.

Pregunta guía:

- a) ¿Cómo afectan las sombras parciales al rendimiento del panel?

Ejercicio 11: Medición de la eficiencia del panel solar

Instrucciones: Comparar la potencia generada por el panel con la potencia de la radiación solar incidente en su superficie.

Pregunta:

- a) ¿Cuál es la eficiencia del panel solar en las condiciones de prueba?

Prácticas correspondientes a la generación del sistema híbrido:

Ejercicio 12: Comparación de generación entre panel solar y Aerogenerador

Instrucciones: Medir la corriente generada por el panel solar y el aerogenerador en un mismo instante, usando una pinza amperométrica en CC en cada uno de los cables que ingresan al banco de baterías.

Pregunta:

- a) ¿Cuál de las dos fuentes de generación está entregando más corriente en ese momento y por qué?

Ejercicio 13: Análisis del punto óptimo de generación

Instrucciones: Monitorear la generación en distintos momentos del día y analizar cuándo se obtiene la máxima potencia combinada.

Pregunta guía:

- a) ¿En qué momento del día se observa la mayor generación total del sistema híbrido?

ANEXO 1: EXTRACTOS DEL MANUAL DE FABRICACIÓN DEL AEROGENERADOR

Ensamblaje de la hélice

Corte de las raíces a 120 grados

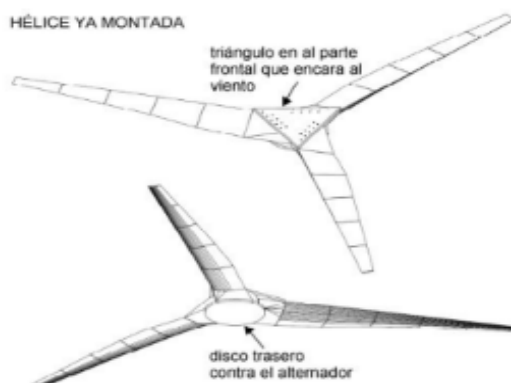
Si no lo hemos hecho ya, ahora es cuando recortaremos los triángulos de las raíces para crear el punto a 120 grados de manera que las tres aspas ajusten entre ellas.



Las dimensiones W y X aparecen en la tabla de dimensiones de la plantilla para el primer corte al comienzo de esta sección. (pág. 16).

La diagonal llamada "2W" mide el doble de la medida W.

HELICE YA MONTADA



Las piezas de madera que sujetan las aspas.

La unión de las tres aspas queda sujeta mediante dos piezas de madera contrachapada que van atornilladas por delante y por detrás. La pieza frontal es triangular y la posterior es un disco. Es mejor usar contrachapado para exterior tratado contra la humedad, el calor, etc. También podemos utilizar placas de metal para este fin.

Dimensiones de las piezas de contrachapado						
Diam. hélice	1200	1800	2400	3000	3600	4200
grosor	9	9	12	12	18	18
Diámetro disco	200	200	250	300	375	450
Lado triángulo	268	274	357	446	536	625
Tornillos acero inoxidable	30 de 25mm	40 de 30mm	50 de 30mm	60 de 30mm	60 de 50mm	75 de 50mm

Marcado de los agujeros en el contrachapado

Las piezas de contrachapado deberán estar pre-agujereadas para los tornillos de montaje del alternador y para los tornillos de 5mm que las sujetan a las aspas. Haremos los agujeros con un taladro de prensa para que queden perpendiculares a la superficie. También los avellanaremos.

Comenzaremos con los agujeros para los tornillos de montaje, que pasan a través de las aspas y los rotores de imanes en el alternador. Dibujaremos un círculo en el centro del disco utilizando el mismo diámetro que el agujero grande en el rotor. Entonces pondremos uno de los rotores sobre el disco, centrándolo con el agujero que acabamos de hacer. Lo sujetaremos todo con gatos y agujerearemos el contrachapado a través de los agujeros del rotor de imanes. Pondremos un trozo sobrante de madera debajo para que los agujeros no queden astillados.



Dibujaremos más círculos entre los agujeros de montaje y el exterior del disco para que los agujeros para los tornillos queden alineados.

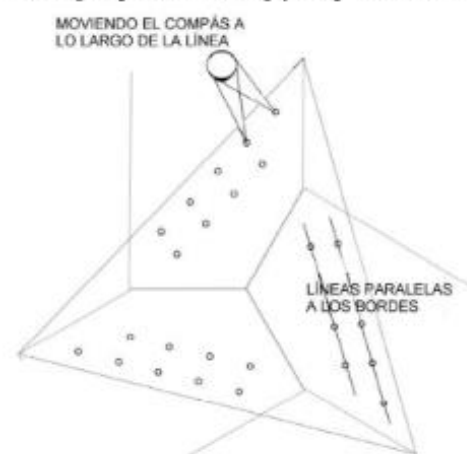
Sobre uno de esos círculos marcaremos seis puntos equidistantes utilizando el compás. Utilizaremos tres de esos seis puntos para marcar las tres líneas donde se unirán las tres aspas. Evitaremos situar tornillos sobre la junta entre las aspas. Si hay cuatro agujeros la mejor manera de situarlos es comenzando exactamente en el punto medio entre dos agujeros de montaje. Colocaremos un asa en su sitio sobre el contrachapado y dibujaremos su contorno. Haremos lo

mismo tres veces para así ver el área donde las aspas tocan el contrachapado.

Abriremos el compás a la distancia entre los tornillos (digamos 25 mm) y lo moveremos a lo largo de los arcos que hemos dibujado para marcar el patrón de las posiciones de los agujeros. Cuidaremos no marcar agujeros demasiado cerca de los extremos de las aspas.

Agujerear con una broca algo más gruesa que los tornillos y avellanarlos para que las cabezas de los tornillos queden a ras con el contrachapado.

NO hacer ahora los agujeros en el triángulo para los tornillos de montaje, pero considerar los círculos donde estarán esos agujeros para evitar poner tornillos allí. De nuevo evitaremos agujerear demasiado cerca de los extremos. Dibujaremos unas líneas paralelas en el triángulo para situar los agujeros para los tornillos.



Ensamblaje de las aspas

Necesitaremos una mesa o cualquier superficie lo bastante grande para que quepan las aspas boca abajo con sus ángulos a 120 grados unidos en el centro. Sujetaremos el disco de contrachapado en su sitio con gatos; para esto es buena idea usar un palé o poner el centro de la hélice entre dos mesas.



O también se puede colocar una pieza larga de madera apoyando su centro sobre el contrachapado y con sus extremos sujetos a la mesa con gatos. Centrar el disco de madera con los arcos que dibujamos para definir el área plana (radio = R_2). Hay que

comprobar que las puntas de las aspas estén a la misma distancia.

Cuando veamos que el conjunto es simétrico y el disco está perfectamente centrado, lo atornillaremos (3 tornillos por aspa) teniendo en cuenta que tendremos que desatornillarlo más tarde.

Le daremos la vuelta al conjunto y fijaremos el triángulo permanentemente con todos los tornillos. Cuidaremos que las puntas de las aspas queden a nivel al hacerlo.

Volvemos a dar la vuelta al conjunto y marcaremos las posiciones de los agujeros de montaje como sigue: con la punta de una broca, hacer una pequeña marca sobre las aspas (a través del disco de contrachapado) en cada agujero. Quitaremos el disco y haremos agujeros que atraviesen las aspas y el triángulo en cada marca. Estos agujeros deberían ser al menos un 25% mayores que los tornillos de montaje y pasar a través de las aspas y del triángulo de madera. Se les da cierta holgura para facilitar el montaje posterior. Los agujeros deberán ser perpendiculares a la superficie y los haremos poniendo el conjunto sobre un trozo de madera de desecho para que no astille por debajo.

Esta parte será más fácil de completar si contamos con la ayuda de dos personas para comprobar con una escuadra que el taladro está vertical, como se muestra en la foto.



Finalmente pondremos el disco de nuevo en la parte de atrás del conjunto y lo atornillaremos definitivamente usando todos los tornillos.

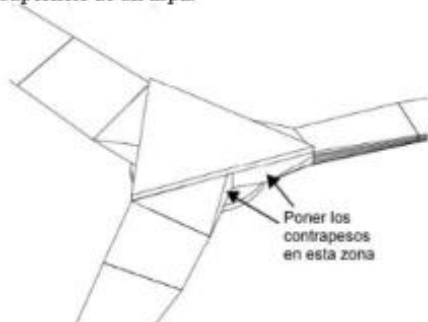
Podremos desmontar el conjunto para pintarlo o transportarlo. Si queremos encolar las piezas podemos hacerlo, pero no hay necesidad de ello. El ensamblaje con tornillos es muy fuerte.

En ciertos climas, el contrachapado tiene una vida muy corta y necesitaremos utilizar metal o plástico. Pero si está bien pintado durará bastante en casi todos los lugares. Hay quien añade un cono o "nariz" frontal para mejorar el aspecto de la turbina y proteger el contrachapado.

Equilibrado

El centro de gravedad de la hélice tiene que estar exactamente en el centro de rotación, o la turbina vibrará causando su eventual destrucción (normalmente es la cola la primera en caer).

Incluso si las aspas han sido perfectamente talladas, el centro de gravedad de la hélice estará algo desplazado debido a la diferencia de densidad de la madera. Es fácil mover el centro fijando pequeños pesos (trozos de plomo o acero). Un buen sitio para fijarlos es entre las aspas, debajo del triángulo. Pero la posición exacta depende de dónde necesitamos ponerlos. Hay veces que es inevitable tenerlos que poner a la vista sobre la superficie de un aspa.



Equilibrado en posición

El modo más simple de equilibrado es fijar la hélice a los rotores del alternador y equilibrarla haciéndola girar. Este método tiene sus ventajas: también ayuda a corregir una posible excentricidad del alternador y nos ayudará a localizar el centro real de rotación del conjunto. Sin embargo esto sólo puede hacerse con precisión en un lugar cubierto, ya que la cantidad más mínima de viento hará imposible detectar un fallo.

Debería no haber ningún tipo de sellado o grasa en los rodamientos durante este proceso. La primera fase será ver cómo asientan las aspas. En la mayoría de los casos oscilarán como un péndulo hasta pararse en una posición (donde el centro de gravedad está más bajo).



Añadiremos algo de peso sobre el centro al lado contrario del centro de gravedad. Seguiremos corrigiendo así hasta que veamos que la hélice gira espontáneamente en cualquier dirección desde cualquier posición.

En este punto la hélice estará equilibrada para que gire suavemente, pero si los rodamientos no giran con suavidad será complicado equilibrar como he descrito. De todos modos es fácil hacer otra comprobación que se describe a continuación:

Equilibrado preciso

Conseguiremos un pequeño peso que podamos colocar sobre la cara de un aspa, o lo colgaremos de un gancho. Sobre un aspa en posición horizontal pondremos el peso para ver si hace la hélice comenzar a girar. Si no, iremos moviendo el peso hacia la punta hasta que lo haga. Anotaremos su posición y haremos la misma prueba sobre las otras dos aspas. Si la posición del peso es la misma en las tres aspas quiere decir que la hélice está bien equilibrada.



Si hay un aspa donde el peso no necesita estar muy lejos de la raíz para hacer girar al conjunto, tenemos que este aspa es más pesada que las demás.

Añadiremos peso en el receso tras el triángulo al lado contrario de este aspa para así corregir el centro de gravedad. Repetiremos esta prueba e iremos ajustando el tamaño del peso hasta que finalmente, al repetir la prueba del peso las tres aspas estén equilibradas.

Otros métodos para equilibrar la hélice

Si las aspas son demasiado largas para ensamblarlas en un lugar cubierto tendremos que equilibrarlas por separado. Esto sólo funcionará si las conseguimos centrar perfectamente en el alternador, ya que el más mínimo error al posicionarlas hará inútil el esfuerzo.

No basta sólo con comprobar que todas las aspas pesan lo mismo. Lo que debemos considerar aquí es el "momento de peso" de cada aspa. La manera más simple para compararlo es colocándolas como se muestra en la figura siguiente con la raíz apoyada sobre un pivote. Anotaremos el peso de la punta de cada aspa y compararemos los resultados. Cuidaremos de tomar el peso a la misma distancia de la raíz y así comparar los momentos de peso basados en el mismo radio de acción.



EnergíaJoven

WWW.ENERGIAJOVEN.AR

Son bienvenidas tus sugerencias
sobre este material didáctico a
info@500rpm.org



SIEMENS | Fundación



Supported by:



Cofounded by:



on the basis of a decision
by the German Bundestag