FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA

TÍTULO DE LA TESINA

GUÍA DE INSPECCIÓN TÉCNICA BÁSICA PARA DETECTAR FALLAS EN LA CAJA DE CAMBIOS Y EL GENERADOR DE LAS TURBINAS EÓLICAS

Tesina individual que para obtener el título de

LICENCIADO EN INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES

P R E S E N T A:

LUIS MANUEL JIMENEZ COYOTL

Dra. Nallely Téllez Méndez
Asesora de Tesina

:

H.Puebla de Zaragoza 25 de Enero de 2024

2. Índice

1.- Carátula 1.

2.- Índice 2

3.- Introducción 3

4.- Justificación 4

5.- Objetivos generales y particulares 5

6.- Marco teórico 6

6.1 Antecedentes del tema

6.2 Antecedentes teóricos

7-Metodologia 8

8.-Desarrollo 9

8.1 Potencia de una turbina de viento de eje horizontal 9

8.2 Formula del límite de Beltz 10

8.3 Componentes, herramientas, instrumentos para el mantenimiento 11

9.- Resultados 13

Guia de Inspección básica 16

10.- Conclusiones 38

11.-Anexos 38

10.1 Tabla 2. Actividades a realizar 38

10.2 Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) 39

12.-Referencias 40

3. Introducción

Hay una insuficiencia y privación de literatura científica, así como técnica que contribuya a la metodología para llevar a cabo un mantenimiento normativo mexicano, puesto que, las que se hallan en este sentido, están en circunstancias de hermetismo y/o falta de regulación que circunda a este sector, de esto se deriva el déficit para llevar a cabo los procedimientos o tareas de inspección a los sistemas de las turbinas eólicas, asimismo los parques eólicos están ubicados en entornos distintos, hablando geográficamente en México, y estos están expuestos a diferentes tipos de averías y/o mantenimiento, consecuentemente se da una postergación en el desarrollo de contenido ingenieril en esta área de la industria en México y en este caso sustancial se propone a la caja de cambios y el generador como sistemas a tratar.

4. Justificación

El gradual, pero constante desarrollo del sector eólico en el país, va seguido de un interés a nivel tanto técnico como ingenieril, esto da pauta a que los profesionales, y siendo específicos a los entendidos en el área de las energías renovables, teniendo en cuenta las vulnerabilidades y exigencias que dicta la materia, se tiene la responsabilidad de eficientar estos sistemas, de manera que es razón fundamental para el desarrollo una guía de inspección técnica básica, sustentada por los siguientes puntos:

- La preeminencia generada por el desarrollo de este proyecto seria complementaria, y el beneficio temprano para obtener conocimiento en estas máquinas, además de obtener pautas para la organización y mejor eficiencia a emplearse en las tareas de servicio en el mantenimiento de las turbinas eólicas.

- Servir la carencia y hermetismo de literatura científica en el rubro.

- Contribuir a los programas de los objetivos de desarrollo sustentable (ODS) de El objetivo número 7:Energía asequible y no contaminante

5. Objetivo general

- Desarrollar una metodología de inspección técnica básica de sistemas de energía eólica a partir del análisis de programas de trabajo, tablas de tareas y normatividad del sector energético

Objetivos específicos

- Analizar los programas de trabajo por periodo concernientes a estas partes de la turbina de viento.

- Proponer tablas de tareas de inspección técnica para la detección de fallas y mantenimiento preventivo oportuno en la caja multiplicadora y el generador

- Desarrollar la Guía técnica básica para detectar fallas en la caja multiplicadora y el generador

6.Marco Teórico

De acuerdo con los datos oficiales analizados y los documentos consultados, la capacidad de producción de energía eólica en el territorio mexicano, ha aumentado significativamente en los últimos años, gracias al potencial productivo en la región sureste de México, específicamente en el estado de Oaxaca, y en la regiónnoroeste, en la entidad de Baja California. Este último se espera que sea el futuro principal exportador de este tipo de energía, dada su cercanía con Estados Unidos,y la demanda de este último por satisfacer sus políticas que resaltan la importanciade la inclusión de energías a base de fuentes renovables.

México cuenta con tres fuentes tecnológicas de energías renovables que predominan, en términos de generación de electricidad, y son: energía hidráulica, parques eólicos terrestres y energía geotérmica. En el año 2019 la energía eólica creció un 26% en capacidad instalada respecto al año 2018, y la energía la solar avanzó un 76% de enero de 2019 a febrero de 2020.En conjunto, la eólica y la solargeneraron alrededor de 3,500 MW (megawatts), suficientes para cubrir las necesidades anuales de aproximadamente tres millones de viviendas [1].

6.1 Antecedentes

La preparación de normas nacionales e internacionales, que contiene normas parael diseño de aerogeneradores comenzó en la década de 1980. La primera publicación fue un conjunto de normas para la certificación elaborado por Germanischer Lloyd en 1986.

Un parque eólico es una central de generación eléctrica con varias o muchasturbinas donde la fuente de energía es el viento, normalmente alimenta a lared nacional o bien, en algunos casos particulares, el parque puede estar conectado directamente a la red de distribución de una ciudad o de una población cercana. Estos parques pueden estar situados en tierra o en el mar. Algunos de ellos con una potencia instalada que supera los 1.000 MW [2].

NORMA OFICIAL MEXICANA

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son las regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias normalizadoras de México a través de los Comités Consultivos Nacionales de Normalización. Estas normas tienen su fundamento en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización [1] (LFMN).[3]

Las Normas Oficiales Mexicanas, establecen reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se le refieran a su cumplimiento o aplicación.

Normas para realizar la guia, y que se emplearon en la experiencia en campo.

NORMAS DE ORGANIZACIÓN

Número	Título de la norma
NOM-017-STPS-2008	Equipo de protección personal - Selección, uso y manejo en los centros de trabajo

NORMAS DE PRODUCTO

NOM-115-STPS-2009	Seguridad - Equipo de protección personal - Cascos de protección - Clasificación, especificaciones y métodos de prueba.
NOM-116-STPS-2009	Seguridad - Equipo de protección personal - Respiradores purificadores de aire de presión negativa contra partículas nocivas - Especificaciones y métodos de prueba.

NORMAS DE SEGURIDAD

NOM-009-STPS-2011	Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura.
NOM-022-STPS-2015	Electricidad estática en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad
NOM-029-STPS-2011	Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad.

7. Metodología

Descripción de las fases de una inspección

- Planificación: Proceso de determinar qué trabajo de mantenimiento se debe realizar y cómo se debe realizar.
- Desarrollo de la inspección: Proceso de evaluación del estado de los equipos o máquinas. El propósito de una inspección de mantenimiento es determinar qué herramientas, materiales y mano de obra se necesitan para mantenerlos en buenas condiciones de funcionamiento.
- Informe de inspección: Un informe de mantenimiento es un documento que recoge información y hechos registrados, verificados y analizados según los criterios que aportan interés a quienes van dirigidos.
- Seguimiento: Consiste en el análisis de la información generada en el programa de inspección, para la identificación temprana de riesgos y desviaciones respecto al plan.

8.Desarrollo

8.1 POTENCIA DE UNA TURBINA DE VIENTO DE EJE HORIZONTAL

Se estima la energía cinética expresada como *Ek* de la masa de aire *m* que recorre, por unidad de tiempo el área de las secciones que en este caso son las palas *A*

Tenemos que:

$$Potencia = \frac{trabajo}{tiempo} = \frac{E_K}{t} = \frac{1/2mV^2}{t}$$

Donde m es igual a : $m = pAd$

P= densidad

A= área superficial de la pala

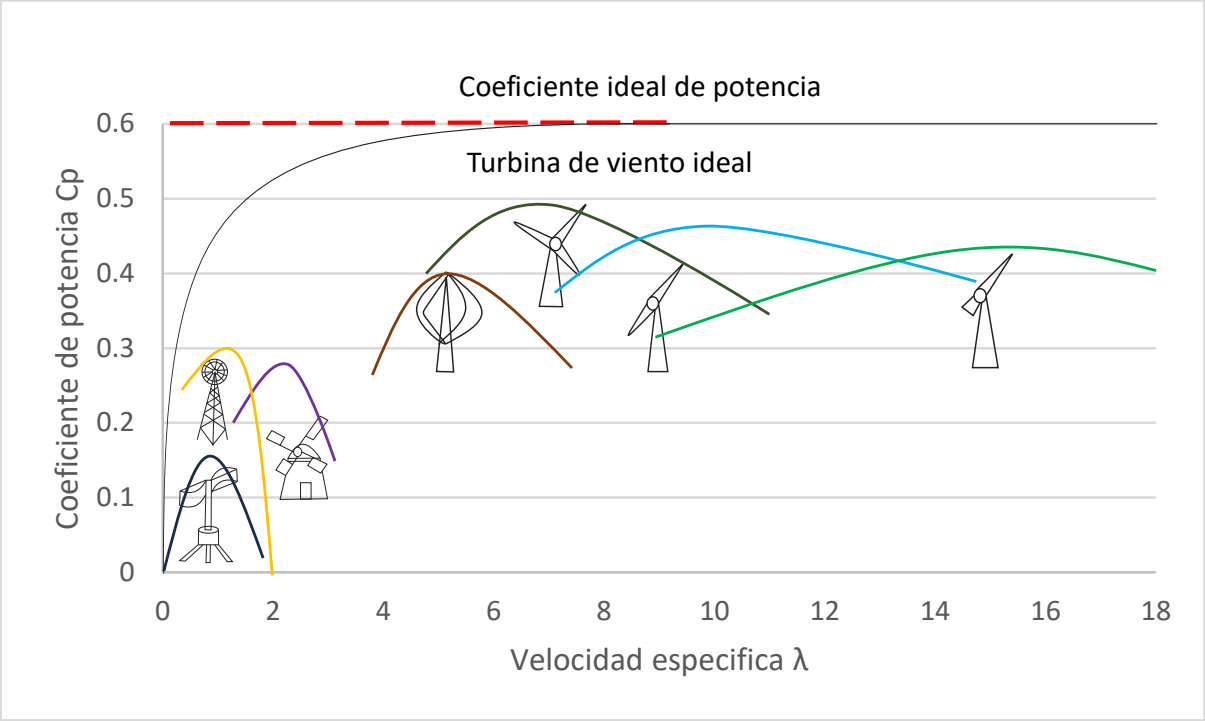
V= Velocidad del viento

d= distancia= $\frac{Velocidad}{tiempo}$

Entonces tenemos que $m = pA(\frac{V}{t})$, luego sustituimos en distancia donde Potencia= $\frac{1}{2}\left(pA\left(\frac{V}{t}\right)\frac{v^2}{t}\right)$, eliminamos *t* y la Potencia queda como P=$\frac{1}{2}(pAv^3)$

Entonces la energía teóricamente generada por una turbina, está en función del cubo de la velocidad del viento en condiciones ideales, se tienen perdidas porque un sistema de generación de energía nunca es ideal, se tiene un Factor de rendimiento *Fr* o *Cp* Coeficiente de potencial, y este deberá ser menor por que se usa en porcentajes, entonces el termino real del cálculo del potencial de una turbina de viento es:

$$C_p\frac{1}{2}\,(\,pAv^3)$$



Grafica 1. Coeficiente de potencia por tipo de turbina eólica, diseño propio

El Factor de rendimiento o Coeficiente de potencial máximo es de 59% de acuerdo al límite Beltz,

8.2*Formula del límite de Betz*

Consideremos:

Flujo masico *Q m*= densidad del flujo *p Q*

p Q es constante

entonces:

p A1v1 = p A2v2 = pAv

En posición de barlovento de la pala, el aire tiene una velocidad *V1* en la zona cruzada de área *A1*, en tanto que *V2*concuerda con *A2*, es decir en sotavento en posición de la pala, luego consideramos que la pala es una rueda de área *A* que percibe parte de la energía del aire en movimiento que llega a este, tenemos que V2 es menor que V1.

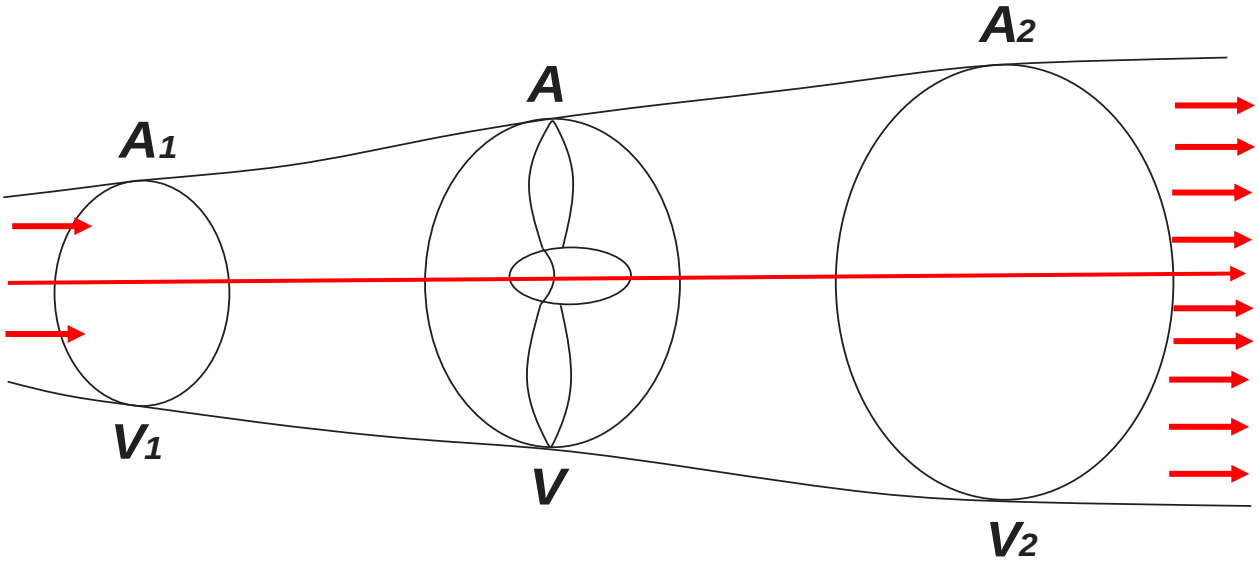


Figura 2. Modelo de Betz, diseño propio.

Entonces tenemos un flujo que se acrecienta al travesar el área de la maquina eólica, como resultado tenemos que *A* sea menor que *A2* y *V1* sea mayor que *V2*.

8.3 Componentes, herramientas, instrumentos para el mantenimiento

Galgas de espesores: Una galga de medición de espesor es una herramienta de medición portátil que se utiliza para medir el tamaño de separaciones pequeñas entre dos objetos que están muy cerca.



Latiguillo hidráulico: Este comprende un conjunto de manguera, terminales y casquillos, prensados para formar un conductor, el cual nos dará la capacidad de conectar los diversos elementos de un determinado sistema hidráulico entre sí. Así, se logra que el aceite pueda alcanzar todos los elementos de dicho equipo.



Llave dinamométrica de salto. Contiene un sistema mecánico regulable a través de un nonio, que libera la tensión de la llave cuando se alcanza el par de apriete preajustado. Se usa para aplicar un par de apriete determinado de forma repetitiva. Por ejemplo: en las cadenas de montaje, o en piezas unidas con muchos tornillos iguales.



Megóhmetro: El medidor de aislamiento, también conocido como megóhmetro, es un dispositivo de prueba eléctrica cuyo propósito es medir la resistencia de aislamiento de diferentes dispositivos eléctricos, asegurándose de que funcionen correctamente y de manera segura.



9.-Resultados.

La guia metodológica para realizar la inspección técnica básica en la caja multiplicadora y el generador de las turbinas eólicas, está constituida por los siguientes apartados:

1. Presentación 16
2. Equipo de protección y seguridad (nom-017-stps-2008) (ver en anexo A) 16
3. Simbología 16
4. Inspección preventiva básica 17
5. Descripción de la caja de cambios 17
6. Pasos de inspección técnica 18

A) Multiplicadora 18

Interruptor de presión del bloque de válvulas (presostato) 18

Comprobación de presión del presostato 19

Inspección de contaminación en el intercambiador del aceite 20

Inspección de mangueras 22

Inspección de fugas 22

Filtro de aceite de la caja de cambios 22

Filtro off-line 24

Sustitución de la unidad de filtrado off-line 24

Purgado del filtro 25

Comprobación del funcionamiento del filtro 25

B) Generador 25

Consideraciones de seguridad para operaciones de mantenimiento en equipos eléctricos 26

Maniobras a realizar con la turbina eólica inmóvil 26

Inspección y limpieza de escobillas, anillos rozantes y filtros 28

Filtro de salida para anillos rozantes si se da el caso 28
Filtro de extracción para anillos rozantes 29
Comprobación del aislamiento de los anillos antes de realizar la limpieza 29
Limpieza e inspección del porta escobillas y del cuerpo de anillos 29
Limpieza en general 29
Comprobación de las escobillas 30
Sustitución de las escobillas 30
Prueba de resistencia o megado del estator y rotor 30
Consideraciones para las operaciones de medida de aislamiento del estator. 31
Operaciones para la medida de aislamiento del rotor 32
Procedimientos técnicos con el aerogenerador en Movimiento 32
Lubricación de los rodamientos con engrasador automático 33

7.Anexos

A) Norma seguridad 35
B) Formatos 35



GUÍA DE INSPECCIÓN TÉCNICA BÁSICA PARA DETECTAR FALLAS EN LA CAJA DE CAMBIOS Y EL GENERADOR DE LAS TURBINAS EÓLICAS

1. PRESENTACIÓN

Procedimientos de mantenimiento de generador y caja multiplicadora de una turbina eólica

2. EQUIPO DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD



A. Casco de seguridad.

B. . Arnés de seguridad tipo H.

C. Dispositivo amortiguador de caída

D. Dispositivo de paradas para detención de caídas.

E. Bota de seguridad, de preferencia dieléctrica.

3. SIMBOLOGIA



Precaución



Riesgo de vapores orgánicos



Usar respirador



Usar guantes



No emplear las manos



Choque eléctrico

4. INSPECCIÓN PREVENTIVA BASICA

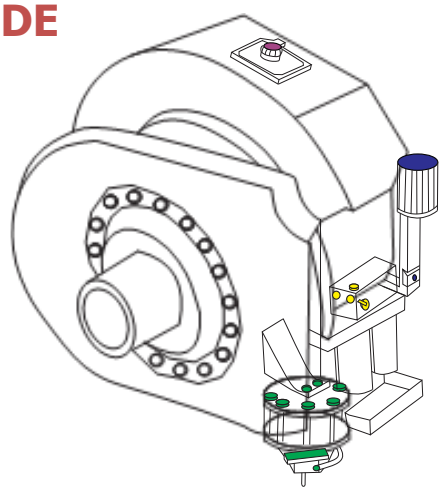


Es una herramienta diseñada para identificar situaciones de utilidad como evaluar el estado general de un sistema, equipo o proceso, identificando posibles problemas, garantizando seguridad y eficiencia operativa.

5.- DESCRIPCIÓN DE LA CAJA DE CAMBIOS

Caja de cambios

Descripción



Representación en dibujo técnico de la caja de cambios

Sistema Mecánico

Función del sistema de la Caja de Cambios

La caja de cambios tiene la misión de aumentar la velocidad de rotación del rotor, para adaptarla a los valores requeridos por los generadores. Está constituido por una o varias parejas de engranajes de tipo helicoidales. Es una fuente de ruido y uno de los 9 componentes con mayores pérdidas de eficiencia del aerogenerador que requiere de un plan de mantenimiento bien concebido. (Robles, 2017) [4]

Sistemas funcionales típicos conformados por:

I. La caja de cambios:

Alejandro Ruiz Botija (2018) expone que las multiplicadoras son un mecanismo de transmisión de potencia desde velocidades lenta de 25 revoluciones por minuto hasta velocidades más rápida de 1 500 revoluciones por minuto conectada al generador.[2]

II. El Sistema de refrigeración:

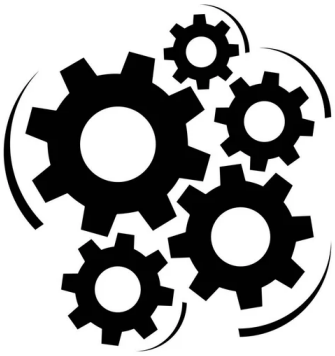
El sistema de refrigeración funciona haciendo pasar constantemente en este caso aceite a través de la caja multiplicadora para mantener la temperatura dentro de los parámetros establecidos. Es por esto, que en relación a la temperatura el aceite es enviado al sistema interno de lubricación de la caja de cambios o que este aceite también puede ser conducido a los intercambiadores de calor aceite-aire.

III. Los brazos de par:

Aminoran las reacciones generadas que en física sería el *momento de vuelco* de la caja de cambios y las transfieren al bastidor

6.- PASOS DE INSPECCIÓN TECNICA

A) CAJA MULTIPLICADORA



Interruptor de presión (presostato)

El interruptor de presión es el elemento designado a controlar la presión del aceite justo antes de ingresar al sistema de lubricación de la caja de cambios, para el correcto funcionamiento del interruptor de presión, se debe verificar la presión dada por la tabla de presiones que te da la fabricadora, y así como también la tolerancia que esta no debe superar, mientras exista presión en el circuito,

el circuito se encontrara cerrado y en el momento en el que deje de haber presión en el circuito del sistema de lubricación, este suele ser durante un tiempo aproximado superior a 5 segundos , después de esto se bota la alarma de baja presión de la caja de cambios.

La regulación es para el conector con el contacto normalmente cerrado, el procedimiento acostumbrado es el siguiente:



I.Se desmonta la válvula del bloque de caja de cambios y se sobrepone en la sección del útil. Se conecta el conector de la caja eléctrica. Se acopla el tubo de salida del regulador de presión a la conexión de entrada, el presostato debe ir con su correspondiente O-ring.



II. Se desajusta el presostato girando a la izquierda hasta que haga tope, el led en caso de estar prendido, este luego se apagará. Se gira la manilla del regulador de presión a derechas varias vueltas.



III. Se gira el pomo del regulador de presión a derechas varias vueltas. Se introduce presión usando la bomba hasta que pase el valor de bar correspondiente, una vez realizado esto, se gira despacio a la izquierda s hasta que se empareje al valor adecuado



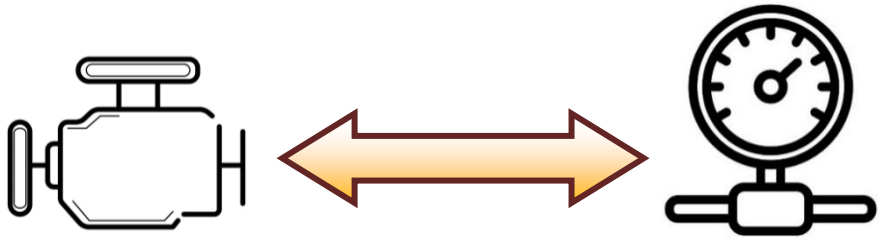
IV. El led estará apagado, por lo que se girará a la derecha pausadamente el tornillo del presostato hasta que se encienda el led



V.Finalmente se coloca el presostato en el bloque de válvulas, sin olvidar la tórica o el O-ring.

Comprobación de presión del presostato

Una vez realizado el taraje, consecuentemente se analizará si se ha realizado de forma correcta, para lo cual, se subirá la presión hasta un valor cercano al bar indicado. Se girará a la derecha el pomo del regulador y se accionará la bomba; el led se apagará. d, consecutivamente se girará el pomo del regulador lentamente a la izquierda, si se enciende el led a un valor de bar indicado, el presostato se ha tarado adecuadamente.



Inspección de contaminación en el intercambiador del aceite

Metodologías útiles:

Para hacer las actividades de limpieza, se usa una pistola sopladora de aire, una pistola de petrolear neumática, una compresora de aire y un aspirador industrial, de preferencia las dos pistolas que tengan boquilla, para el empleo del equipo de compresión, considere para su empalme utilizar una manguera en espiral de mínimo 5 metros.

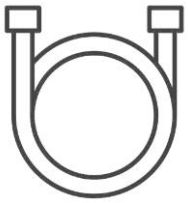
Posteriormente ya desacopladas los componentes mecánicos, se prosigue a:

1. Aspirar el polvo que se encuentra en la sección delantera y posterior del intercambiador.
2. Se recomienda usar un panel de metacrilato sujeta por pinzas de presión, para más adelante soplar con aire comprimido la sección libre.
3. Sucesivamente se empleará un rociador para aplicar el material desengrasante y que sea dieléctrico., esto disminuye la cantidad de producto a usar.

Inspección de mangueras



Inspeccionar visualmente el estado de las mangueras del sistema de refrigeración y lubricación y reemplazar aquellas que se tengan desgaste o desperfecto, los periodos de inspección suelen ser para esta parte en un intervalo de 6 meses desde puesta en funcionamiento y a partir de ahí se suelen hacer cada año

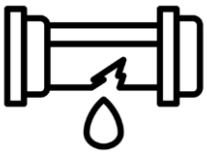


Inspección de fugas

Si ha habido fugas, limpiar el área de trabajo y que sea la primera actividad para antes de empezar cualquier maniobra, para así reducir la posibilidad de caerse o resbalarse y que se pueda causar algún daño.

Inspeccionar si hay fugas en las conexiones hidráulicas y si es así, cambiar los conectores o también conocidos como racores.





Filtro de aceite de la caja de cambios

Aun con la máquina detenida considere las precauciones pertinentes para evitar algún accidente por quemaduras.

Utilizar mascarilla con filtro por los vapores orgánicos.

Considere que el filtro de aceite de la multiplicadora sólo debe cambiarse en las siguientes situaciones:

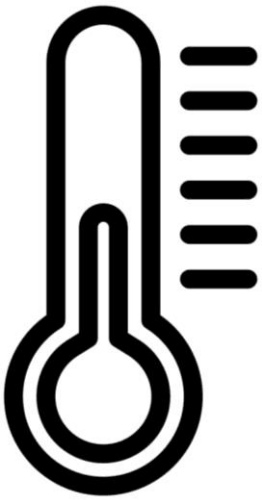




Atención: El aceite del filtro no debe depositarse de nueva manera en la caja de cambios, tras sustituir el filtro, debe comprobarse el nivel de aceite de la caja multiplicadora; ya que con el filtro se obtienen unos tres litros de aceite aproximadamente, en caso de requerirlo abastecer la caja de cambios con aceite.

Filtro off-line

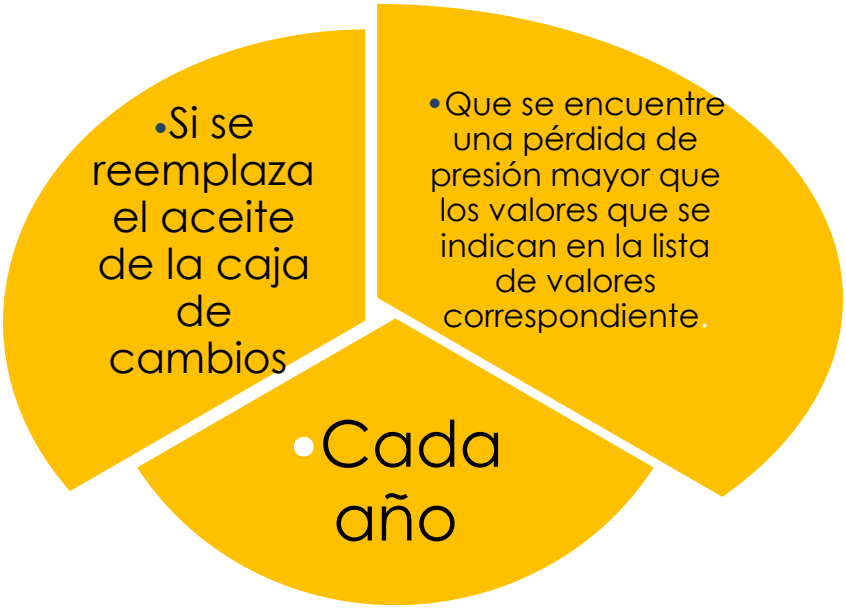




En caso de que se requiera, depurar el aire del receptáculo del filtro por medio del tapón situado en la sección superior, verificar si hay fugas en los componentes y también en la bomba, verificar que el motor del filtro comienza a funcionar a la temperatura indicada en base a la tabla de valores correspondiente a la caja de cambios, y también comprobar que la bomba encienda en base a las condiciones del mantenimiento, es decir en base a la situación temporal de la inspección, como puede ser 3, 6, 12 o hasta 24 meses.

Sustitución de la unidad de filtrado off-line

El filtro sólo se cambia en las siguientes situaciones:



Antes de instalar el filtro nuevo, es conveniente que el aceite que esté presente en el receptáculo del filtro sea secado o aspirado, se puede desaguar a través del grifo que hay en la base del soporte.



Purgado del filtro

1.-Abrir la llave de aspiración de la bomba

2.-Emplear el menú de servicio digital para poner en marcha el filtro.

3.-Abrir el purgador y mantenerlo abierto hasta que salga aceite por el mismo.

4.-Cerrar el purgador

Comprobación del funcionamiento del filtro

I. Usar el menú digital para poner en marcha el filtro.

II. Conectar un manómetro en la toma tipo minimex situada en la cubierta.

III. La lectura del manómetro ha de dar un valor mayor a 0.

Utilizar guantes de nitrilo para evitar el contacto con el aceite presente en el filtro durante las operaciones de purgado y seguir la ficha de seguridad emitida por el fabricante de dicho aceite.

B) GENERADOR

Consideraciones de seguridad para operaciones de mantenimiento en equipos eléctricos

NOM-029-STPS-2011, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo- Condiciones de seguridad.

Las maniobras de mantenimiento del generador y todas aquellas intervenciones que Impliquen algún riesgo eléctrico, deberán ser realizadas por un electricista cualificado.

Todo el personal que trabaje en instalaciones eléctricas, sea en montaje, manejo o en mantenimiento, deben ser permanentemente informados y actualizados sobre las normas e instrucciones de seguridad inherentes al trabajo, y aconsejados a seguirlas. El responsable deberá cerciorarse antes de iniciar el trabajo de que todo fue observado debidamente, y avisar a su personal de los peligros y cuidados que existen y deben de tener al efectuar el trabajo propuesto.

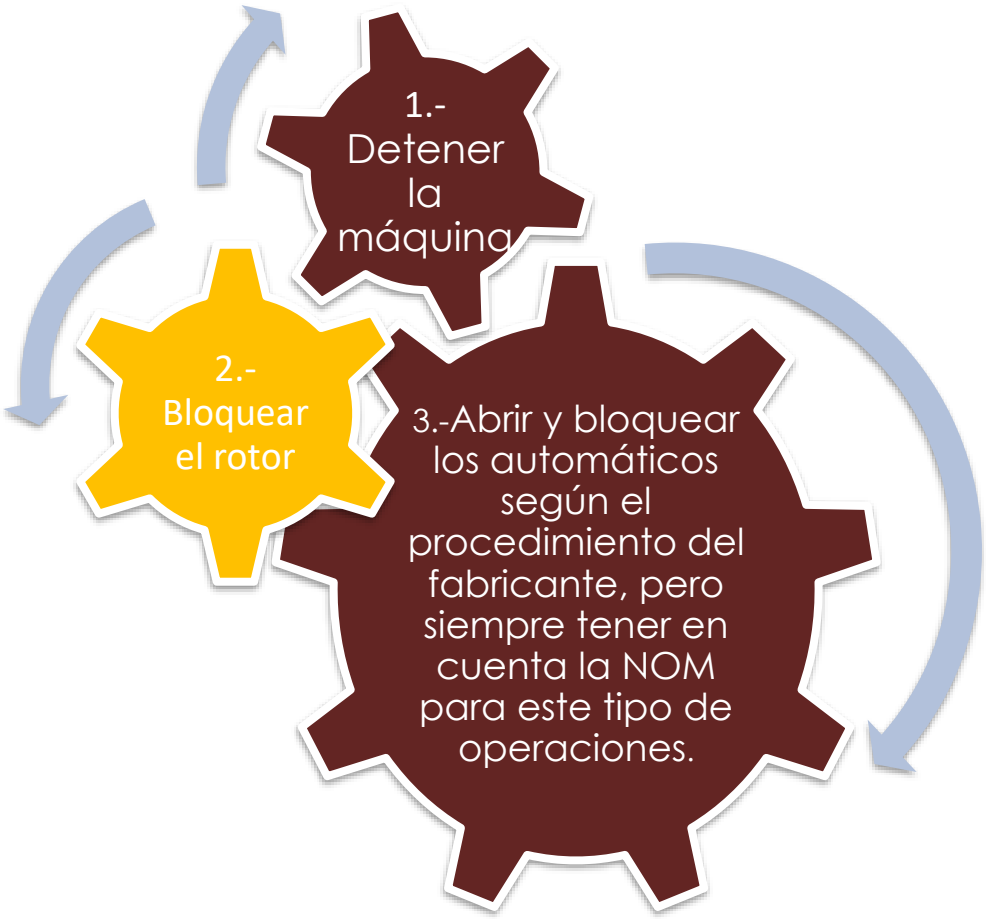
Los generadores, cuando son manipulados no adecuadamente o si se recibe un mantenimiento incorrecto y/o son manipulados por personal sin cualificación, pueden causar graves accidentes con perjuicios físicos y materiales.

Maniobras a realizar con la turbina eólica inmóvil



Con velocidades de viento superiores a 12 m/s no se permite realizar trabajos de mantenimiento que requieran el bloqueo del rotor

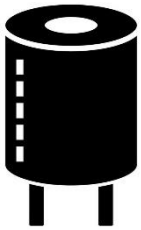
Inmovilizar la turbina eólica y bloquear los equipos eléctricos antes de proseguir con las tareas de mantenimiento hay que realizar los siguientes pasos:



Para considerar siempre:



- Cuando el aerogenerador esté equipado con un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI/UPS), se cortará la tensión desde el automático de servicios auxiliares.
- Se debe tener en cuenta que puede existir alimentación regularmente de 230 Vac en el área de control, aun cuando ocurramos a dejar abierto los automáticos principales o desenergizado la turbina eólica



Se debe esperar como mínimo 10 minutos a que se descarguen los condensadores antes de retirar las tapas laterales.



Verificar con un multímetro que no hay presencia de tensión.

Verificar que el ventilador y el calentador están desenchufados.



Inspección y limpieza de escobillas, anillos rozantes y filtros.



Para estas maniobras de inspección se realizan con el generador pausado, con el rotor inmóvil y suspendido de la red.

Filtro de salida para anillos rozantes si se da el caso.



- ✓ Desacoplar el filtro que se encuentra que comúnmente se encuentra en la lateral de la carcasa del filtro.
- ✓ Aspirar y cepillar el filtro
- ✓ También se tiene que quitar la suciedad y/o el polvo en la manguera entre el filtro y la carcasa de contacto.



- ✓ Volver a acoplar el filtro al terminar la limpieza del cuerpo de anillos.

Filtro de extracción para anillos rozantes



Desacoplar el filtro para realizar la inspección visual.

Si la superficie del filtro esta con suciedad o polvo, proseguir a limpiarlo o en su caso considerar el reemplazo.

Volver a acoplar el filtro al terminar la limpieza del cuerpo de anillos.

Comprobación del aislamiento de los anillos antes de realizar la limpieza

Se recomienda realizar una comprobación del aislamiento de los anillos antes de la limpieza, para tener una comparativa.

Registrar los resultados.



Limpieza e inspección del porta escobillas y del cuerpo de anillos

- Es necesario realizar una limpieza cuidadosa y en profundidad del cuerpo de anillos.

Limpieza en general

- Extraer las escobillas de su alojamiento y sujetarlas, si es posible, mediante el pisador porta Escobillas

Comprobación de las escobillas.



Inspeccionar la altura de las escobillas con una galga Vernier y anotarla en el registro de nspección, es muy necesario medir radialmente respecto al anillo rozante y que la galga Tipo Vernier sea puesta en el brazo de la escobilla.



La longitud a la que se deben sustituir las escobillas varía según el criterio por el fabricante o modelo del generador.

Sustitución de las escobillas

Utilizar las escobillas correspondientes al modelo de generador y número de serie según el criterio de sustitución.

Se pueden realizar las siguientes maniobras una vez retirada la tapa de la caja de anillos:

1.-Desatornillar el tornillo del cable conductor que está unido a la escobilla.

2.-Levantar el muelle que la mantiene apretada al anillo.

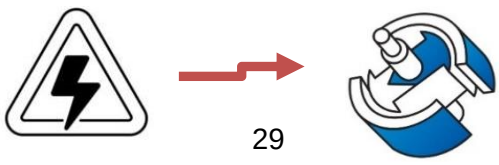
3.-Sacar la escobilla desgastada levantando el muelle que la mantiene apretada al anillo

4.-Colocar la escobilla nueva y realizar el mismo proceso en sentido inverso para volver a montarla.

5.-Repetir la operación con todas las escobillas

Prueba de resistencia o megado del estator y rotor

La medición y registro del aislamiento del estator y el rotor permite seguir su evolución a lo largo de la vida del generador y detectar su degradación.



El megado del estator se recomienda sólo en el caso de que se desee realizar un mantenimiento predictivo del generador, en cuyo caso se deben guardar un registro de los valores de resistencia tomados en cada mantenimiento preventivo.

El megado consiste en aplicar un voltaje de prueba (500 o 1000 Vc.c.) durante un minuto o más y leer la resistencia del aislamiento en un megóhmetro.

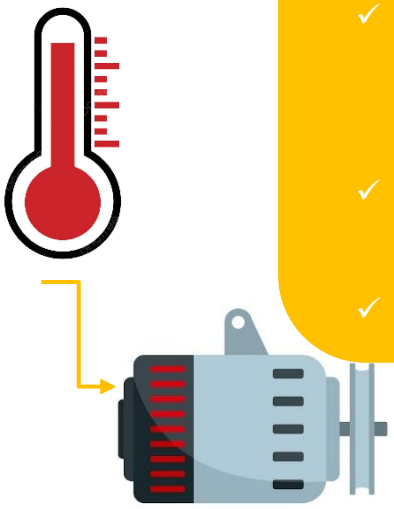
Para el caso de los anillos rozantes, se recomienda medir antes y después de la limpieza de los anillos.

Se megarán los devanados del estator y rotor estando el generador parado y desconectado de la red.

Los bobinados han de descargarse inmediatamente después de la medida, para impedir el riesgo de descarga eléctrica. La acción de descargar consiste en unir uno de los terminales del generador con la carcasa utilizando alguna herramienta conductora eléctrica.

Consideraciones para las operaciones de medida de aislamiento del estator.

- ✓ Examinar que todos los cables de suministro están desenchufados
- ✓ Registrar la temperatura del devanado.
- ✓ Conectar uno de los terminales de megóhmetro a un terminal del estator y el otro a tierra en su caso en su propia carcasa y megar el devanado del estator.
- ✓ Después de la medición las fases deben conectarse a tierra brevemente para descargarlas.
- ✓ Todas las tuercas y tornillos de los bornes deben estar bien fijadas.



Operaciones para la medida de aislamiento del rotor

Considérese los esquemas de conexiones de los diferentes generadores

- Liberar los tornillos de las pletinas en las conexiones de las escobillas.
- Liberar los cables de potencia de salida.
- Examinar que el armazón de la máquina, el devanado y el eje del estator están conectados a tierra.
- La temperatura del devanado del estator se toma como temperatura de referencia para el devanado del rotor.
- Conectar uno de los terminales del megóhmetro a una terminal del rotor y el otro a tierra es decir a su propia carcasa y proseguir a megar el devanado del rotor. *Conectar según sea el esquema de conexiones del generador*.
- Todas las escobillas deben hacer presión uniformemente sobre los anillos rozantes.
- Todas las tuercas y tornillos de los bornes deben estar correctamente fijados.
- Las escobillas no deben presentar materiales extraños, suciedad o polvo que pudieran obstruir una unión adecuada.

Procedimientos técnicos con el aerogenerador en movimiento



Inspección de los rodamientos

Para el siguiente procedimiento de trabajo considérese:

Poner en movimiento el aerogenerador para oír si hay ruidos extraños en los rodamientos, esta maniobra se debe llevar a cabo con el generador girando a baja velocidad, que para situarnos esta es el eje de alta y que se encuentra alrededor de las 100 rpm aproximadamente.



Se posicionará el estetoscopio industrial en una zona cercana y plana a cada rodamiento, preferentemente conviene que la zona de apoyo sea sólida, esto es para que el sonido no se amplifique, como lugar idóneo se recomienda que el lugar sea el platillo exterior.



Si el rodamiento se encontrase en mal estado se apreciará un golpeteo metálico continuo, en esta situación se procederá a sustituir el rodamiento, seguidamente se deberá contactar con el fabricante para recibir instrucciones.

Lubricación de los rodamientos con engrasador automático

- Verificar el nivel de grasa del engrasador automático
- En caso de que fuese necesario, proceder a reemplazar por un cartucho nuevo o rellenar

No se deben combinar grasas de diferentes propiedades



Inspeccionar que el engrasador funciona adecuadamente, si se detectan fallas en el funcionamiento del engrasador, proceder a engrasar manualmente los rodamientos con los pasos siguientes:

a) . Desatornillar los tornillos comúnmente M10 que unen las cajas de grasa a los conjuntos de los rodamientos.

b) Colocar un recipiente para recoger la grasa vieja o utilizar la caja de grasa antes mencionada.

c) Insertar la boquilla de la bomba engrasadora en el engrasador, que, dependiendo del rodamiento, está en la parte superior de la tapa trasera o delantera

d) El rodamiento se ha de engrasar con la cantidad que se indica en la placa de características, aproximadamente 115 gr, dependiendo del modelo del generador, con cada bombeo se introduce una determinada cantidad de grasa; por tanto, será necesario bombear varias veces hasta introducir la cantidad de grasa idónea, la grasa se distribuye uniformemente en el rodamiento, empujando la anterior grasa hacia el recipiente antes mencionado.

e) Quitar la boquilla.

f) Vaciar la caja de grasa

g) Volver a atornillar los tornillos de la caja de grasa correspondiente.

- Realizar las siguientes prácticas para cada rodamiento.
- *No se deben combinar grasas de diferentes propiedades.*



Esta acción se puede llevar a cabo con el aerogenerador en movimiento y girando a baja velocidad, aproximadamente a 100 rpm., los pasos son los mismos que en los mencionados anteriormente en la sección con el engrasador automático.

7. ANEXOS

A) NORMAS DE SEGURIDAD

NORMA Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.

1. Objetivo

Establecer los requisitos mínimos para que el patrón seleccione, adquiera y proporcione a sus trabajadores, el equipo de protección personal correspondiente para protegerlos de los agentes del medio ambiente de trabajo que puedan dañar su integridad física y su salud.

2. Campo de aplicación

Esta Norma aplica en todos los centros de trabajo del territorio nacional en que se requiera el uso de equipo de protección personal para proteger a los trabajadores contra los riesgos derivados de las actividades que desarrollen.

B) FORMATOS

Lista común de componentes a mantener en la caja multiplicadora:

ELEMENTO	TRABAJO(S)
Rodamientos	Lubricar
Sondas de temperatura PT-100	Constatar
Filtro	Limpieza
	Reemplazo
Aislamiento del estator y rotor	Constatar
Escobillas	Inspección visual
	Reemplazo
Cuerpo de anillos	Limpieza
	Verificar anillos

	Puesta a punto
Cajas de bornas	Prensar terminales
	Constatar estado general
Embarrado de potencia	Constatar conexiones
Tubo flexible de ventilación	Constatar

Lista común de componentes a mantener en el generador:

ELEMENTO	TRABAJO(S)
Caja de conexiones	Inspeccionar estado de cables y de conexiones
Filtro de salida anillos rozantes	Limpieza e inspección
Filtro de succión anillos rozantes	Limpieza e inspección
Escobillas	Reemplazo Inspección
Anillos rozantes	Limpieza Prueba de Asilamiento
Estator y rotor	Lubricación
Rodamientos	Inspección de funcionamiento

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA CAJA MULTIPLICADORA			
PARTE	**PROCEDIMIENTO**	**INSPECCIONES DURANTE 24 MESES A PARTIR DE LA PUESTA EN FUNCIONAMIENTO**	**INSPECCIONES DESPUÉS DE 24 MESES A PARTIR DE LA PUESTA EN FUNCIONAMIENTO**
Bloque de válvulas	Verificar presión del presostato	3/6/12/18/24 meses	Semestral
Filtro Off-Line	Reemplazar	Lo que incida antes: ✓ Si hay una pérdida de presión mayor que los valores indicados ✓ 12 meses ✓ Si se cambia el aceite de la multiplicadora	
	Inspección	3/6/12/18/24 meses	Semestral
Intercambiadores de calor	Inspeccionar y limpiar	3/6/12/18/24 meses	Semestral
Filtro de aceite	Reemplazar	Lo que incida antes: ✓ Si se reemplaza el aceite en la caja multiplicadora ✓ 12 meses ✓ Si el control da señal de filtro colmatado	
Sistema de refrigeración	Inspeccionar mangueras	✓ Primera inspección a a partir de los 60 meses de la puesta en funcionamiento ✓ Revisión cada 12 meses	
Filtro de aire	Inspección	3/6/12/18/24 meses	Semestral
	Reemplazar	Lo que ocurra incida primero: ✓ 24 meses ✓ Filtro dañado o bastante sucio	
Multiplicadora	Reemplazar aceite	Lo que ocurra primero: • Si los resultados de la muestra de aceite así lo indican. • Cuando se indique en la carta de lubricación.	
	Extraer muestra de aceite	3/6/12/18/24 meses	Semestral
	Inspeccionar el nivel de aceite	3/6/12/18/24 meses	Semestral
	Inspeccionar el interior	3/6/12/18/24 meses	Semestral
	Inspeccionar fugas	3/6/12/18/24 meses	Semestral
Brazos de par	Comprobar holgura en el par amortiguador	3/6/12/18/24 meses	Semestral
	Inspeccionar la unión atornillada	3/6/12/18/24 meses	Semestral

<table>
<tr><th colspan="4">PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL GENERADOR</th></tr>
<tr><th>PARTE</th><th>PROCEDIMIENTO</th><th>INSPECCIONES DURANTE 24 MESES A PARTIR DE LA PUESTA EN FUNCIONAMIENTO</th><th>INSPECCIONES DESPUÉS DE 24 MESES A PARTIR DE LA PUESTA EN FUNCIONAMIENTO</th></tr>
<tr><td>Caja de conexiones</td><td>Inspección, limpieza y/o sustitución</td><td colspan="2" rowspan="3">Semestral</td></tr>
<tr><td>Filtro de salida anillos rozantes</td><td>Inspección, limpieza y/o sustitución</td></tr>
<tr><td>Filtro de succión anillos rozantes</td><td>Inspección, limpieza y/o sustitución</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Escobillas</td><td>Inspección</td><td colspan="2">Semestral</td></tr>
<tr><td>Reemplazar</td><td colspan="2">Sujeto al deterioro</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Anillos rozantes</td><td>Limpieza</td><td colspan="2">Semestral</td></tr>
<tr><td>Inspección general</td><td>3/6/12/18/24 meses</td><td>Semestral</td></tr>
<tr><td>Antes y después de la limpieza realizar la prueba de aislamiento</td><td colspan="2">Semestral</td></tr>
<tr><td>Estator</td><td>Prueba de aislamiento a criterio</td><td colspan="2">A criterio o a posibilidad</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Rodamientos</td><td>Lubricación</td><td colspan="2" rowspan="2">Semestral</td></tr>
<tr><td>Inspeccionar funcionamiento</td></tr>
</table>

10.Conclusiones

Después del entendimiento básico, de los procesos para llevar a cabo las tareas de inspección, se pueden proponer investigaciones más específicas entorno a los sistemas expuestos, ya que no se considera esta variable en trabajos de investigación, ya que muchas son simulaciones, y conociendo a nivel campo, los menesteres o problemáticas que se encuentra uno en la práctica, posteriormente podremos proponer herramientas, sistemas de protección, seguridad o alarmas en estos ambientes de trabajo, mejora de logística o actividades, así como los procesos mismos para llevar estas tareas, diseño de programas, diseño de dispositivos más complejos como pequeños robots, drones etc., para realizar estas tareas donde es fundamental que esté en marcha la turbina eólica y este en sitio el personal capacitado, y así no exponer su integridad física al presentarse una falla, pero para eso, tenemos que empezar por lo primordial conocer a la máquina, sus procedimientos, sus fallas habituales, y esta guia nos puede favorecer si es que se quiere llevar un análisis completo para reducir costos y tiempo, ya que esto en el rubro es parné.

El desarrollo de una guía de inspección para detectar fallas en la caja de cambios y el generador de las turbinas eólicas es fundamental para garantizar la eficiencia operativa y prolongar la vida útil de estos componentes. Esta herramienta facilita la detección temprana de posibles problemas, permitiendo un mantenimiento preventivo más efectivo, reduciendo costos de reparación y maximizando la producción de energía eólica, del mismo modo sumar al compendio metodológico y contribuir a los objetivos del desarrollo sostenible.

11. Anexos

11.1 Reporte de servicio de mantenimiento

	MANTENIMIENTO A AEROGENERADOR IER 1
Sistemas	**ACTIVIDADES A REALIZAR**
Generador	Lubricación de los rodamientos del generador.
	Reemplazo del ducto de extracción de polvo de los colectores de los anillos o .
	Complementación de niveles de grasa del dispensador
	Reemplazo del enconder.
	Limpieza y medida de aislamiento del cuerpo de anillos del generador.
	Sustitución del filtro de aire del generador.
	Sustitución de escobillas de fase e inspección de anillos.
	Sustitución de escobillas de tierra e inspección de anillos.
	Corrección de torque de las uniones atornilladas entre generador y bastidor, de acuerdo a las especificaciones técnicas de las normas ANSI e ISO
	Corrección de torque de uniones atornilladas de la caja de bornas del estator, de acuerdo a las especificaciones técnicas de las normas ANSI e ISO
	Limpieza de bandejas colectoras de grasa de rodamientos del generador.

	Pruebas de funcionamiento del sistema de lubricación automático de grasa del generador.
	Pruebas de aislamientos de devanados del estator y rotor, de acuerdo a las normas aplicadas, en caso de ser necesario.
Multiplicadora	Sustitución de dos baterías del sistema de lubricación de emergencia.
	Corrección de fugas de aceite y/o reemplazo de mangueras.
	Complementación del nivel de aceite de la multiplicadora.
	Toma de muestra de aceite de la multiplicadora y análisis de laboratorio "incluye certificado de laboratorio".

Tabla 2. Ejemplificación de actividades a realizar.

10.2 Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) u Objetivos Globales son 17 objetivos globales interconectados diseñados para ser un «plan para lograr un futuro mejor y más sostenible para todos». Los ODS fueron establecidos en 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas (AG-ONU) y se pretende alcanzarlos para 2030. Están incluidos en una Resolución de la AG-ONU llamada 2030 Agenda.



Figura 5. Infografía ODS.

El objetivo número 7: "Energía asequible y no contaminante". La principal meta del objetivo número 7 es garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos. Es decir, se trata de que la energía eléctrica se obtenga de fuentes renovables y que sea accesible para todas las personas, independientemente de su ubicación geográfica y de su riqueza; con lo cual este proyecto de tesina encaja en el ámbito de la energía eólica, ya que este proyecto ha estado orientado a hacer la generación eólica más eficiente mediante técnicas de mantenimiento.

El interés de este proyecto implica que se enmarque con el objetivo 7 de los ODS es:

- Con el propósito de evitar paradas técnicas de mantenimiento innecesarias por no tener el conocimiento empírico suficiente para llevar a cabo el mantenimiento preventivo básico y que esto no conlleve pérdidas económicas, y por ende la maquina no genere energía.

12.Referencias

López, A. Z., Gómez, D. X. G., & Juárez, E. R. (2021). Producción y consumo de las energías renovables. La energía eólica en México. Mundo FESC, 11(S3), 7-20. [1]

Botija Ruiz, A. (2018). Análisis estadístico de la relación de la vida útil de multiplicadoras con la fórmula de disponibilidad de turbinas de gran potencia. [2]

Único, C. Ley federal sobre Metrología y Normalización. [3]

Metodología de Inspección,https://acrobat.adobe.com/id/urn:aaid:sc:VA6C2:63506776-e7e5-4ed0-b959-5f8ed2e6ce8c [4]

Gutiérrez-Robles, K. (2017). Implementación de un sistema de diagnóstico por monitoreo de vibraciones en la caja multiplicadora y el generador para un procedimiento de toma de decisiones por redes neuronales para el aerogenerador g52/850 número 5 del Parque Eólico Los Santos. [5]

Normas

Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2008 Equipo de protección personal- Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.
Norma Oficial Mexicana NOM-009-STPS-2011 Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura.