Guía de Buenas Prácticas para la Consignación de Aerogeneradores en las Operaciones de Explotación y Mantenimiento

Guía desarrollada por la Fundación para la Formación en Energías Renovables y TESICNOR.

Los autores agradecen a las siguientes empresas por su colaboración en el desarrollo de la guía:

Acciona Energía	GAMESA
Acciona Wind Power	GE
ALSTOM Power	INGETEAM
ENERCON	MTORRES
EROM	VESTAS

Esta guía ha sido elaborada gracias al apoyo del Gobierno de Navarra y la financiación del Instituto Navarro de Salud Laboral.

El Gobierno de Navarra no se identifica necesariamente con el contenido de la misma.

CAPÍTULO I **3**
CONSIGNACIÓN ASPECTOS GENERALES **3**
1 INTRODUCCIÓN **3**
2 OBJETIVOS **4**
3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS **5**
4 PELIGROS ASOCIADOS A LAS ENERGÍAS **7**
4.1 Energía Eléctrica 7
4.2 Electricidad estática 7
4.3 Energía mecánica 8
4.4 Líquidos a presión 9
5 NORMATIVA **10**
5.1 Directiva de máquinas 10
5.2 Norma UNE-EN 50308 11
5.3 RD 1215/1997, DE 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo 13
5.4 RD Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico 15
6 INSTALACIÓN EÓLICA **17**
6.1 Descripción de aerogenerador 17
6.2 Estados principales de operación en un aerogenerador tipo 20
6.3 Parque eólico 20
6.4 Circuitos 21
6.5 Subestación eléctrica 21
6.6 SCADA 22
7 COMPONENTES DEL AEROGENERADOR **23**
7.1 Generador 23
7.2 Transformador 23
7.3 Celdas de maniobra 24
7.4 Armarios baja tensión 24
7.5 Electrónica de control 25
7.6 Componentes mecánicos 25
7.7 Componentes hidráulicos 28
8 MANTENIMIENTO **31**
8.1 Operaciones de Nivel 1 con aerogeneradores 31
8.2 Operaciones de Niveles 2 y 3 31
8.3 Tipos de mantenimiento 33
9 ¿CUÁNDO ES NECESARIO UN PROCEDIMIENTO SEGURO PARA EL CONTROL DE ENERGÍAS PELIGROSAS? **35**
10 MÉTODO PARA LA ELABORACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO SEGURO PARA EL CONTROL DE ENERGÍAS PELIGROSAS **36**
10.1 Plan de capacitación y entrenamiento 36
10.2 Procedimiento seguro para trabajos con energías peligrosas 37
10.3 Pasos para el control de energias peligrosas 37
10.3.1 Preparación para apagar *37*
10.3.2 Apagado de equipos *38*
10.3.3 Aislamiento de equipos *38*
10.3.4 Fijación de candados y tarjetas *38*

10.3.5 Control de energía almacenada ... 39
10.3.6 Verificación del aislamiento de equipos ... 40
10.4 Otras recomendaciones a tener presente ... 40
11 PROGRAMAS FORMATIVOS ... 42
12 INSPECCIONES PROGRAMADAS ... 46
12.1 Objetivos de las inspecciones de seguridad ... 46
12.2 Etapas de la Inspección de Seguridad ... 46
13 PROCEDIMIENTOS PARA EL CAMBIO DE TURNO ... 47
14 CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS ... 48
15 FORMATOS ... 49
16 RESPONSABILIDADES ... 53
17 EQUIPOS PARA BLOQUEO, ETIQUETADO Y SEÑALIZACIÓN ... 54
17.1 Requisitos de los Equipos. ... 54
17.2 Pinzas para bloqueo ... 54
17.3 Pinzas con etiquetas permanentes ... 56
17.4 Bloqueadores de válvulas rotativas ... 56
17.5 Bloqueadores para válvulas de bolas ... 57
17.6 Bloqueador botellas de gas presurizado ... 57
17.7 Bloqueadores para interruptores ... 58
17.8 Bloqueadores para interruptores magnetotérmicos ... 59
17.9 Bloqueadores para enchufes eléctricos ... 61
17.10 Fundas para control del mando del polipasto o enchufes grandes ... 61
17.11 Bloqueadores neumáticos ... 62
17.12 Fundas para volantes ... 62
17.13 Bloqueo con cables ajustables ... 63
17.14 Cajas de acero para bloqueo grupal y kit de bloqueo personales y para grupos ... 63
17.15 Estaciones de candados ... 64
CAPÍTULO II ... 65
CONSIGNACIÓN, CASOS PRÁCTICOS DEL SECTOR EÓLICO ... 65
18 CONMUTACIÓN DE CELDAS DE MEDIA TENSIÓN (Cortesía de MTOI) ... 65
19 BLOQUEO DEL ROTOR (Cortesía de MTOI) ... 70
20 BIBLIOGRAFÍA ... 75

CAPÍTULO I

CONSIGNACIÓN ASPECTOS GENERALES

1 INTRODUCCIÓN

Los aerogeneradores son alimentados por la energía del viento. Además de esta importante fuente que conocemos como recurso eólico, nos encontramos también otras fuentes de energía, que debemos identificar, bloquear, desconectar y liberar para garantizar la seguridad de los operarios que intervienen en operaciones de explotación y mantenimiento de los parques eólicos.

Si bien el sector eólico se caracteriza por la importancia que se concede a la prevención de riesgos y por la implicación de los tecnólogos, mantenedores y empresas de servicios en garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, debemos reconocer que se han producido accidentes graves y mortales provocados por el deficiente descargo o consignación de las instalaciones o equipos donde se debía intervenir.

Hasta la fecha, no se ha producido una estandarización que unifique las tecnologías y proporcione a los operadores procesos y equipos semejantes, por lo que nos encontramos con distintos modelos de aerogeneradores donde sus componentes y dispositivos son diferentes así como su secuencia y manipulación, complicando la labor de aprendizaje y dando lugar a que puedan producirse errores o fallos en los procesos de descargo o consignación de instalaciones o equipos.

Por todo ello, nos parece oportuno elaborar una "**GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA CONSIGNACIÓN DE AEROGENERADORES EN LAS OPERACIONES DE EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO",** con la que se pretende dar las pautas y criterios para que las empresas puedan identificar, evaluar y controlar los riesgos, además de administrar de forma pro-activa y eficaz la prevención de accidentes con todo tipo de energías.

2 OBJETIVOS

La guía de buenas prácticas para la consignación de aerogeneradores en las operaciones de mantenimiento y explotación, cubrirá los siguientes objetivos:

- Comprender los conceptos de trabajo con energías peligrosas y la normativa reguladora.
- Identificar las tareas, los lugares y equipos del aerogenerador, donde se requieren este tipo de prácticas seguras.
- Describir los procedimientos de un programa de seguridad para trabajos con energías peligrosas.
- Ayudar a los técnicos que intervienen en el diseño del aerogenerador en la aplicación de las normas que regulan la desconexión y aislamiento de la energía mecánica, eléctrica, hidráulica y neumática.
- Identificar, señalizar y advertir de los riesgos residuales que no pueden evitarse en las operaciones de explotación y mantenimiento de los aerogeneradores.
- Orientar de formar clara y precisa sobre las instrucciones que deben elaborarse para formar e informar a los operadores a través del manual de instrucciones, sobre los procesos de consignación del aerogenerador.
- Dar a conocer los últimos sistemas y dispositivos que se han incorporado al mercado para el bloqueo y consignación de las máquinas.

3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

ASEGURAMIENTO DEL EQUIPO O CIERRE: Usualmente se habla de "cierres eléctricos" porque es en los interruptores eléctricos donde el procedimiento de candados y tarjetas se utiliza más comúnmente, pero también se utiliza para controlar otras formas de fuerza tales como aire comprimido.

BLOQUEO/TARJETEO: Procedimiento para controlar la liberación de energía peligrosa o sistema para proteger contra el funcionamiento accidental del equipo mientras se realiza mantenimiento o servicio.

CANDADO/TARJETA: Elemento que se utiliza para evitar que un equipo comience a funcionar o que un trabajador lo active, cuando el personal de mantenimiento u otros operarios estén cerca de puntos peligrosos. Su utilización se denomina aseguramiento del equipo o cierre.

CIERRE MÚLTIPLE: Cuando más de una persona va a trabajar en un equipo que se controla con el mismo interruptor, se utiliza un dispositivo de cierre múltiple, el cual consiste en que cada persona debe colocar su propio candado en el cierre. Todas las personas que realizan actividades de mantenimiento, deben terminar sus respectivos trabajos antes de quitar el candado y energizar de nuevo el sistema. Para esta actividad se utiliza un porta candados para el bloqueo.

CONSIGNACIÓN DE MÁQUINAS: Conjunto de operaciones que debe realizarse para trabajar con seguridad durante el mantenimiento, reparación o limpieza de una máquina. Las operaciones que componen la consignación son las siguientes:

- Separar la máquina de las fuentes de energía.
- Bloquear los elementos de seccionamiento.
- Verificar la no existencia de energías residuales.
- Señalización clara de la máquina consignada.
- Delimitación del área de trabajo e identificación de zonas peligrosas.

CONTROL DE ENERGÍAS PELIGROSAS: Es un método que se aplica de manera sistemática para evitar que comience a funcionar un equipo, que una persona lo active involuntariamente o que se libere energía de forma incontrolada, cuando alguien está trabajando o cuando, por ciertas circunstancias, puedan encontrarse trabajadores cerca de los puntos peligrosos de las máquinas. Para ello, un candado es puesto de tal forma que el equipo no pueda ser conectado o se cuelga una tarjeta preventiva en el dispositivo de desconexión del sistema. Este procedimiento se puede aplicar a equipos que están conectados eléctricamente, o en válvulas y otros equipos mecánicos en los cuales la energía almacenada puede causar algún peligro.

DISPOSITIVO PARA AISLAR ENERGÍA: Un dispositivo mecánico que previene físicamente la transferencia y/o paso de energía.

ENERGÍA: Es movimiento o la posibilidad de que haya movimiento. Esta puede venir de dos tipos: energía cinética y energía potencial.

ENERGÍA PELIGROSA: Es el potencial de riesgo que existe durante la operación de las máquinas generado por su capacidad de movimiento.

INTERRUPCIÓN DE LÍNEA: Interrupción intencional de materiales que fluyen a través de una línea en un sistema de procesos.

LISTA DE VERIFICACION: Es una guía por escrito para la verificación de las condiciones de seguridad de las personas que están trabajando.

PERSONA AFECTADA: Quien trabaja con, o dentro del área donde el equipo está en mantenimiento o se le está dando servicio, bajo tarjeta / candado.

TAREA DE ALTO RIESGO: Es toda actividad que por su naturaleza o lugar donde se realiza, implica la exposición a riesgos adicionales o de intensidades mayores a las normalmente presentes en la actividad rutinaria.

TARJETA: Formato escrito que se coloca temporalmente en el tablero de control o mando de la máquina para indicar que se están realizando tareas de mantenimiento o reparación.

4 PELIGROS ASOCIADOS A LAS ENERGÍAS

4.1 ENERGÍA ELÉCTRICA

Los principales riesgos asociados a la energía eléctrica son las descargas eléctricas por contacto directo con elementos conductores (contacto accidental con elementos que normalmente son conductores), por contacto indirecto (contacto con elementos que conducen corriente como consecuencia de algún fallo), por quemaduras, incendios o explosiones causadas por chispas eléctricas, o por el sobrecalentamiento de equipos eléctricos.

4.2 ELECTRICIDAD ESTÁTICA

La máquina se debe diseñar y fabricar para evitar o restringir la aparición de cargas electrostáticas que puedan ser peligrosas o disponer de medios para poder evacuarla. La carga de electricidad estática no deseada puede acumularse en la máquina o en elementos de la máquina, principalmente debido a la fricción entre los elementos de la máquina, o entre la máquina y las piezas, materiales o fluidos utilizados o producidos por la máquina. La carga de electricidad estática también se puede originar en los elementos metálicos desprovistos de una toma de tierra por inducción en un campo eléctrico.

Si una persona entra en contacto con un elemento cargado de electricidad estática o se aproxima a él, puede sufrir una corriente de descarga eléctrica que alcance el suelo a través de su cuerpo. Los efectos fisiológicos resultantes dependerán fundamentalmente del tamaño de la superficie de contacto, la cantidad de energía descargada, y la amplitud y frecuencia de la corriente. Estos efectos pueden ser simplemente molestos o dolorosos, o pueden tener consecuencias letales. El efecto de sorpresa puede aumentar el riesgo de un accidente. La descarga de electricidad estática también puede provocar un incendio, una explosión, daños en los circuitos electrónicos de los sistemas de mando o impedir su correcto funcionamiento, dando lugar a situaciones peligrosas.

Pueden utilizarse diversas técnicas para evitar la acumulación de cargas estáticas no deseadas, tales como, por ejemplo, sustituir los materiales aislantes por materiales disipativos o conductores, evitar la sequedad de la atmósfera o crear una atmósfera ionizada en las zonas afectadas. La descarga de las cargas estáticas de manera segura puede lograrse, por ejemplo, conectando y derivando a tierra los elementos conductores de la máquina.

4.3 ENERGÍA MECÁNICA

Se entiende por riesgo mecánico el conjunto de factores físicos que pueden dar lugar a una lesión por la acción mecánica de elementos de máquinas, herramientas, piezas a trabajar o materiales proyectados, sólidos o fluidos.

El concepto de máquina comprende a todos aquellos conjuntos de elementos o instalaciones que transforman energía con vista a una función productiva principal o auxiliar. Es común a las máquinas el poseer en algún punto o zona concentraciones de energía, ya sea energía cinética de elementos en movimiento u otras formas de energía (eléctrica, neumática, etc).

Podemos diferenciar el conjunto de una máquina en dos partes:

- Sistema de transmisión: conjunto de elementos mecánicos cuya misión es el de producir, transportar o transformar la energía utilizada en el proceso. Esta parte de la máquina se caracteriza porque el operario no debe penetrar en ella durante las operaciones de producción.
- Zona de operación (o punto de operación): Es la parte de la máquina en que se ejecuta el trabajo útil sobre una pieza, mediante la energía que el sistema de transmisión comunica al elemento activo de la máquina. Esta zona se caracteriza en que el operario debe penetrar en ella en las operaciones normales de alimentación, extracción de piezas, o si es un proceso automático para corregir deficiencias de funcionamiento.

Las formas elementales del riesgo mecánico son:

Peligro de cizallamiento: este riesgo se encuentra localizado en los puntos donde se mueven los filos de dos objetos lo suficientemente juntos el uno de otro, como para cortar material. La lesión resultante suele ser la amputación de algún miembro.

Peligro de atrapamiento o de arrastres: Se producen en zonas formadas por dos objetos que se mueven juntos, de los cuales al menos uno, rota como es el caso de los cilindros de alimentación, engranajes, correas de transmisión, etc. Las partes del cuerpo que más riesgo corren de ser atrapadas son las manos y el cabello. También es una causa de los atrapamientos y de los arrastres la ropa de trabajo utilizada. Por eso, para evitarlo, se debe usar ropa ajustada y evitar así que sea enganchada, protegiendo las áreas próximas a elementos rotativos, llevando siempre el pelo recogido.

Peligro de aplastamiento: Las zonas de peligro de aplastamiento se presentan principalmente cuando dos objetos se mueven uno sobre otro, o cuando uno se mueve y el otro está estático. Este riesgo afecta principalmente a las personas que ayudan en las operaciones de enganche, quedando atrapadas entre la máquina y apero o pared. Suelen resultar lesionados los dedos y las manos.

Proyección de partículas: Muchas máquinas en funcionamiento normal expulsan partículas, pero entre estos materiales se pueden introducir objetos extraños como piedras, ramas y otros, que son lanzados a gran velocidad y que podrían golpear a los operarios. Este riesgo puede reducirse o evitarse con el uso de protectores o deflectores.

4.4 LÍQUIDOS A PRESIÓN

Las máquinas también pueden proyectar líquidos, como los contenidos en los diferentes sistemas hidráulicos, que son capaces de producir quemaduras y alcanzar los ojos. Para evitar esto, los sistemas hidráulicos deben tener un adecuado mantenimiento preventivo que contemple, entre otras cosas, la revisión del estado de conducciones para detectar la posible existencia de poros en las mismas. Son muy comunes las proyecciones de fluido a presión.

5 NORMATIVA

Hasta la fecha, Europa no dispone de una normativa específica que aborde de forma particular la consignación de máquinas e instalaciones. No obstante, son varias las normas que abordan las medidas de seguridad para la protección de los operarios frente a las diferentes fuentes de energía. En el presente apartado se recogen varias normativas de interés para los trabajos en aerogeneradores.

5.1 DIRECTIVA DE MÁQUINAS

Separación de las fuentes de energía

La máquina estará provista de dispositivos que permitan aislarla de cada una de sus fuentes de energía. Dichos dispositivos serán claramente identificables. Deberán poder ser bloqueados si al conectarse de nuevo pudieran poner en peligro a las personas. Los dispositivos también deberán poder ser bloqueados cuando el operador no pueda comprobar, desde todos los puestos a los que tenga acceso, la permanencia de dicha separación.

En el caso de máquinas que puedan enchufarse a una toma de corriente, la desconexión de la clavija será suficiente, siempre que el operador pueda comprobar, desde todos los puestos a los que tenga acceso, la permanencia de dicha desconexión.

La energía residual o almacenada en los circuitos de la máquina tras su aislamiento debe poder ser disipada normalmente sin riesgo para las personas.

No obstante, algunos circuitos podrán permanecer conectados a su fuente de energía para posibilitar, por ejemplo, el mantenimiento de piezas, la protección de información, el alumbrado de las partes internas, etc. En tal caso, deberán adoptarse medidas especiales para garantizar la seguridad de los operadores.

El objetivo es mantener las máquinas en condiciones de seguridad mientras se realiza el mantenimiento. Con este fin, los operadores, que realizan operaciones de mantenimiento mientras la máquina está detenida, deberán poder aislar la máquina de sus fuentes de energía antes de intervenir; a fin de impedir que se produzcan eventos peligrosos, como la puesta en marcha inesperada de la máquina, ya sea debido a fallos de la misma, a la acción de otras personas que pudieran ignorar la presencia de operadores de mantenimiento o a acciones inesperadas de los propios operadores de mantenimiento.

A tal fin, deberán colocarse medios de aislamiento que permitan a los operadores desconectar y separar de modo fiable las máquinas de toda fuente de energía, incluido el suministro eléctrico y las fuentes de energía mecánica, hidráulica, neumática o térmica.

Si los operadores que realizan las operaciones de mantenimiento no pueden verificar con facilidad que los medios de aislamiento permanecen en posición de aislamiento, los dispositivos de aislamiento deberán estar diseñados para permitir el bloqueo de los mismos en esta posición.

Cuando se prevea que varios operadores puedan tener que realizar operaciones de mantenimiento de manera simultánea, el dispositivo de aislamiento deberá estar diseñado para que cada uno de los operadores pueda colocar su bloqueo en dicho dispositivo durante el tiempo que lleve su intervención.

Se exige también que las máquinas incorporen medios para disipar cualquier energía almacenada que pudiera poner en situación de riesgo a los operadores. Dicha energía almacenada puede ser, por ejemplo, energía cinética (inercia de los elementos móviles), energía eléctrica (condensadores), fluidos bajo presión, muelles o partes de la máquina que puedan moverse debido a su propio peso. Se admite la excepción, a fin de garantizar unas condiciones de trabajo seguras, el mantenimiento de la alimentación de energía en determinados circuitos durante las operaciones de mantenimiento. Por ejemplo, puede resultar necesario mantener la alimentación de energía para la información almacenada, para la iluminación, para el funcionamiento de herramientas o para la extracción de sustancias peligrosas. En tales casos, la alimentación de energía deberá mantenerse sólo en los circuitos en los que sea necesario, y deberán adoptarse medidas que garanticen la seguridad de los operadores, tales como, por ejemplo, impedir el acceso a los circuitos afectados o colocar señales o dispositivos de advertencia apropiados.

Las instrucciones del fabricante sobre el mantenimiento y el reglaje seguros deberán incluir información sobre la separación de las fuentes de energía, el bloqueo del dispositivo de aislamiento, la disipación de la energía residual y la verificación del estado seguro de las máquinas.

5.2 NORMA UNE-EN 50308

La norma UNE-EN 50308, “Aerogeneradores” Requisitos para diseño, operación y mantenimiento, trata en varios apartados sobre la consignación:

UNE-EN 50308 (4.1 Requisitos generales de seguridad)

Debe ser posible bloquear, desenganchar, liberar o aislar/desconectar cualquier energía almacenada o atrapada que pueda causar riesgo durante el mantenimiento, donde partes de la turbina son alimentadas con fuentes de energía diferentes al viento, como por ejemplo:

- Energía eléctrica de una batería de condensadores.
- Energía mecánica de un sistema de muelles o un sistema de freno por muelles.
- Energía hidráulica de acumuladores presurizados.
- Gravedad.

Deben seguirse las normas:

- Norma EN 982 para liberar la energía almacenada.
- Norma EN 1037 para prevenir una puesta en marcha inesperada.

UNE-EN 50308 (4.6 Partes móviles, defensas y dispositivos de bloqueo)

Suministrados en cada turbina:

- Estructuralmente robustos, operados mediante bloqueo mecánico y no dependientes de la fricción.
- Calculados para sujetar el rotor, el sistema de orientación o de cambio de paso a velocidades de viento hasta la velocidad externa vel (período de referencia de un año, norma experimental env 61400-1, apartado 1.3.16).
- Imposibles de desactivar no intencionadamente y de ser activados accidentalmente.
- Asegurados mecánicamente, sin dependencia de la fricción, en sus posiciones operativas y no operativas.
- Marcados con posición operativa y no operativa, a menos que éstas sean evidentes.
- Fácilmente accesibles y posibles de operar ya sea sin uso de herramienta adicional o teniendo las herramientas necesarias para la operación disponibles.
- Capaces de ser operadas sin riesgo para las personas.
- Operadas localmente.

UNE-EN 50308 (4.9 Parada de emergencia)

- Las paradas de emergencia deben designarse de acuerdo con las Normas EN 292-2 y EN 418.
- La reconexión debe ser sólo posible mediante la apropiada acción manual.
- Las “zonas de parada de emergencia” deben ser claramente reconocibles.

Los controles de activación de la parada de emergencia deben estar:

- Instalados en cada máquina al menos en la base de la torre y en góndolas que sean visitables.
- Coloreados de rojo, visibles, claramente reconocibles y fácilmente alcanzables desde todos los lugares donde el riesgo derivado de las partes móviles pueda sobrevenir.
- Operados por medio de accionamiento forzado y permanente conectados después de su activación.
- Sin dependencia de lógica electrónica.

Las situaciones potenciales de emergencia deben estar identificadas, y las acciones requeridas por el personal deben estar prescritas en los manuales de operación y mantenimiento.

UNE-EN 50308 (4.10 Desconexión de potencia)

Por razones de seguridad, cada turbina debe estar equipada con un sistema para desconectarla o aislarla de sus fuentes de potencia durante la inspección y mantenimiento de acuerdo con la Norma EN 1037.

Los dispositivos de desconexión/aislamiento deben aplicarse a todas las fuentes de potencia tales como:

- Potencia mecánica.
- Potencia eléctrica.
- Potencia hidráulica/neumática.

Los dispositivos de desconexión deben:

- Ser suministrados para aislar cada subsistema individual mecánico, eléctrico o hidráulico o circuito u objeto individual relacionado, de su fuente externa o carga como se requiere para su protección, inspección, mantenimiento y ensayo.
- Ser claramente reconocibles y señalados.
- Ser bloqueables o tener una parte extraíble si la reconexión puede dañar a las personas.
- Ser bloqueables cuando un operador es incapaz desde su puesto de trabajo de comprobar que la energía se encuentra cortada.
- No depender de la lógica electrónica.

La única excepción a los requisitos anteriores es que ciertos circuitos pueden permanecer conectados a sus fuentes de energía ya sea, para proteger información, para proveer iluminación, etc. En este caso se deben tomar otras acciones para asegurar la seguridad del operador.

5.3 RD 1215/1997, DE 18 DE JULIO POR EL QUE SE ESTABLECEN LAS DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO

Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y, cuando corresponda, estar indicados con una señalización adecuada.

Los órganos de accionamiento deberán estar situados fuera de las zonas peligrosas, salvo, si fuera necesario, en el caso de determinados órganos de accionamiento, y de forma que su manipulación no pueda ocasionar riesgos adicionales. No deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria. Si fuera necesario, el operador del equipo deberá poder cerciorarse desde

el puesto de mando principal de la ausencia de personas en las zonas peligrosas. Si esto no fuera posible, la puesta en marcha deberá ir siempre precedida automáticamente de un sistema de alerta, tal como una señal de advertencia acústica o visual. El trabajador expuesto deberá disponer del tiempo y de los medios suficientes para sustraerse rápidamente de los riesgos provocados por la puesta en marcha o la detención del equipo de trabajo.

Los sistemas de mando deberán ser seguros y elegirse teniendo en cuenta los posibles fallos, perturbaciones y los requerimientos previsibles, en las condiciones de uso previstas.

La puesta en marcha de un equipo de trabajo solamente se podrá efectuar mediante una acción voluntaria sobre un órgano de accionamiento previsto a tal efecto.

Lo mismo ocurrirá para la puesta en marcha tras una parada, sea cual fuere la causa de esta última, y para introducir una modificación importante en las condiciones de funcionamiento (por ejemplo, velocidad, presión, etc.), salvo si dicha puesta en marcha o modificación no presentan riesgo alguno para los trabajadores expuestos o son resultantes de la secuencia normal de un ciclo automático.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cada puesto de trabajo estará provisto de un órgano de accionamiento que permita parar en función de los riesgos existentes, o bien todo el equipo de trabajo o bien una parte del mismo solamente, de forma que dicho equipo quede en situación de seguridad. La orden de parada del equipo de trabajo tendrá prioridad sobre las órdenes de puesta en marcha. Una vez obtenida la parada del equipo de trabajo o de sus elementos peligrosos, se interrumpirá el suministro de energía de los órganos de accionamiento de que se trate.

Si fuera necesario, en función de los riesgos que presente un equipo de trabajo y del tiempo de parada normal, dicho equipo deberá estar provisto de un dispositivo de parada de emergencia.

Condiciones generales de utilización de los equipos de trabajo

Las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo que puedan suponer un peligro para la seguridad de los trabajadores se realizarán tras haber parado o desconectado el equipo, haber comprobado la inexistencia de energías residuales peligrosas y haber tomado las medidas necesarias para evitar su puesta en marcha o conexión accidental mientras esté efectuándose la operación.

Cuando la parada o desconexión no sea posible, se adoptarán las medidas necesarias para que estas operaciones se realicen de forma segura o fuera de las zonas peligrosas.

5.4 RD DECRETO 614/2001, DE 8 DE JUNIO, SOBRE DISPOSICIONES MÍNIMAS PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES FRENTE AL RIESGO ELÉCTRICO

Supresión de la tensión.

Una vez identificados la zona y los elementos de la instalación donde se va a realizar el trabajo, y salvo que existan razones esenciales para hacerlo de otra forma, se seguirá el proceso que se describe a continuación, que se desarrolla secuencialmente en cinco etapas:

1. Desconectar.
2. Prevenir cualquier posible realimentación.
3. Verificar la ausencia de tensión.
4. Poner a tierra y en cortocircuito.
5. Proteger frente a elementos próximos en tensión, en su caso, y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo.

Hasta que no se hayan completado las cinco etapas no podrá autorizarse el inicio del trabajo sin tensión y se considerará en tensión la parte de la instalación afectada. Sin embargo, para establecer la señalización de seguridad indicada en la quinta etapa, podrá considerarse que la instalación está sin tensión si se han completado las cuatro etapas anteriores y no pueden invadirse zonas de peligro de elementos próximos en tensión.

Observación previa. La siguiente información contenida en el **RD 614/2001**, así como en sus anexos adjuntos, constituyen la base legal a la cual debe atenerse cualquier procedimiento de trabajo en instalaciones eléctricas o sus proximidades. Se recomienda que tales procedimientos se plasmen por escrito, especialmente los que se refieran a trabajos en instalaciones de cierta complejidad y/o peligrosidad.

Así mismo, el proceso en cinco etapas mediante el cual se suprime la tensión de la instalación donde se van a realizar los «trabajos sin tensión» conocido habitualmente como «las cinco reglas de oro» y contenido en el **Anexo II del RD 614/2001**, tiene por objeto proteger a los trabajadores frente al riesgo eléctrico derivado de la aparición inesperada de tensiones peligrosas en la instalación, debidas a posibles maniobras erróneas, contactos accidentales de la instalación con otras líneas en tensión o cualquier otra causa.

En dicho proceso, la aplicación de la primera etapa produce el aislamiento de la instalación respecto a las fuentes de alimentación; la segunda etapa tiene por objeto impedir que se reconecte, a causa de errores o fallos fortuitos; la tercera etapa tiene por objeto comprobar que la instalación está, en ese momento, libre de tensión y admite la realización de ciertas operaciones en ella, entre las que se encuentra su puesta a tierra y en cortocircuito. La puesta a tierra y en cortocircuito, que constituye la

cuarta etapa, es la que verdaderamente garantiza el mantenimiento de la situación de seguridad durante el período de tiempo que duren los trabajos.

La quinta y última etapa complementa las anteriores, bien sea mediante la introducción de barreras destinadas a evitar el contacto de los trabajadores con otros elementos en tensión o mediante la delimitación y señalización de la zona de trabajo.

No obstante, se contempla la posibilidad de que existan razones esenciales que justifiquen una forma distinta de suprimir la tensión. Si éste es el caso, deberán desarrollarse procedimientos específicos que garanticen una seguridad al menos equivalente a la que proporciona la secuencia descrita.

En todo caso, antes de comenzar la aplicación del procedimiento para suprimir la tensión es necesario un paso previo: **la identificación de la zona y de los elementos de la instalación donde se va a realizar el trabajo**. Esta identificación forma parte de la planificación del trabajo (en la cual se debe integrar la actividad preventiva). El responsable de planificar el trabajo debe identificar con precisión la zona y los elementos de la instalación en la que se desea trabajar y debe transmitir esta información con claridad al Jefe de Trabajo y/o a los trabajadores involucrados.

En instalaciones complejas, para evitar confusiones debidas a la multitud de equipos y redes existentes, se recomienda diseñar procedimientos por escrito, para llevar a cabo las operaciones destinadas a suprimir la tensión. Estos procedimientos incluirán la habilitación de las comunicaciones necesarias para asegurar la coordinación de las maniobras y evitar los errores de apreciación, sobre todo en instalaciones alejadas o controladas mediante telemandos. También se incluirá la señalización específica necesaria para colocar en los equipos objeto de enclavamiento o bloqueo.

Cuando se trate de instalaciones de alta tensión se recomienda que las operaciones para suprimir la tensión sean objeto de un procedimiento escrito.

En general, antes de iniciar el trabajo en una instalación de alta tensión se notificará al responsable de la instalación eléctrica el tipo de trabajo a realizar, su localización y las repercusiones para la instalación. El permiso para iniciar los trabajos lo dará el responsable de la instalación, preferiblemente por escrito. También es deseable que el responsable de llevar a cabo la supresión de la tensión deje constancia por escrito de que se han concluido todas las etapas del proceso y la instalación (zona de trabajo), se encuentra apta para poder trabajar en ella sin tensión.

Así mismo, una vez concluidos los trabajos, tanto si se trata de instalaciones de alta como de baja tensión, el responsable de los mismos debe constatar que todo el personal ha salido de la zona de trabajo y se han retirado los equipos y herramientas utilizados, de forma que la instalación quede apta para restablecer la tensión sin riesgo para los trabajadores. En general, para restablecer la tensión se seguirá el proceso inverso al empleado para suprimir la tensión.

6 INSTALACIÓN EÓLICA

6.1 DESCRIPCIÓN DE AEROGENERADOR

Un aerogenerador es una máquina eólica que utiliza la energía que extrae del viento para accionar un generador eléctrico.

Partes de un AEROGENERADOR

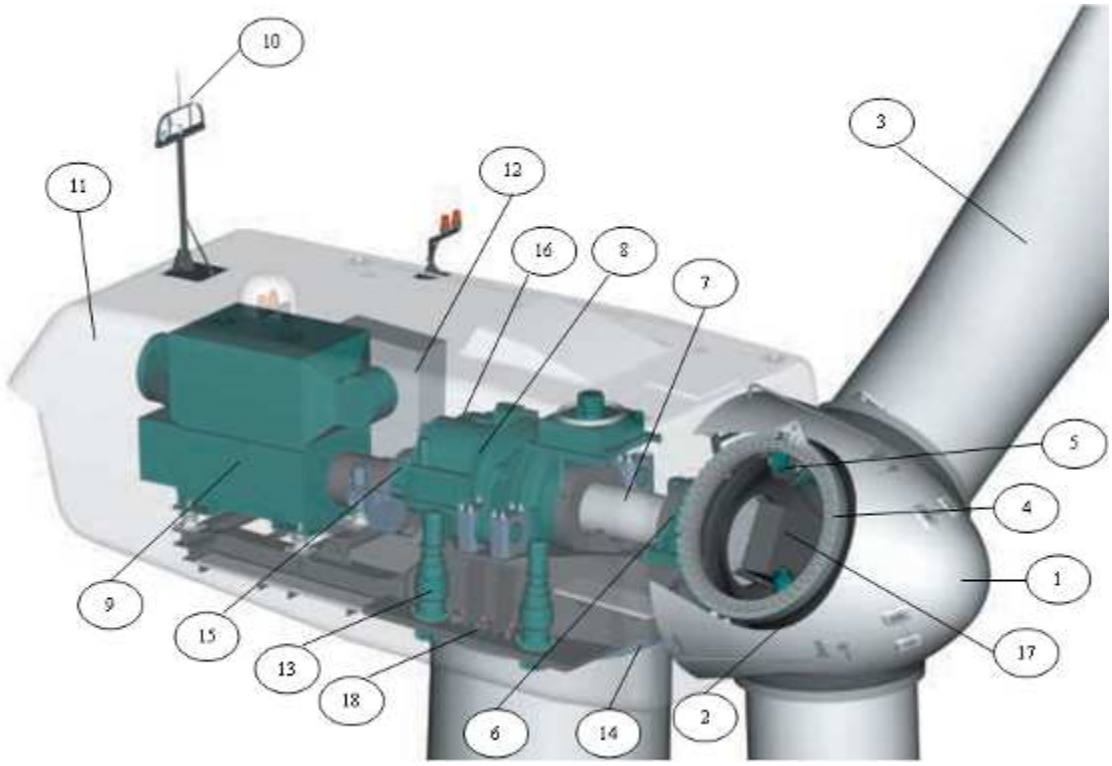


Figura 1: Ejemplo de configuración con multiplicadora.

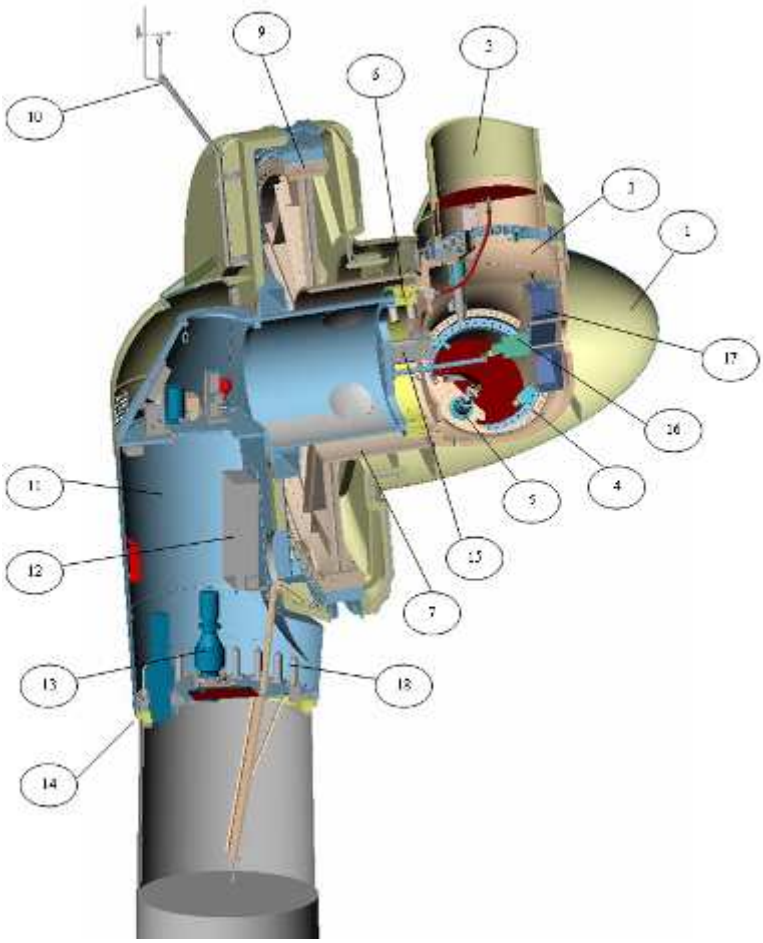


Figura 2: Ejemplo de configuración con generador multipolo.

Las partes más habituales en la mayoría de los aerogeneradores, tanto en la configuración con multiplicadora (Figura 1) como en la configuración con generador multipolo (Figura 2) son:

1. Cono o nariz.
2. Buje.
3. Pala.
4. Rodamiento de pala. } (pitch drive system)
5. Sistema de accionamiento de pala. }
6. Rodamiento principal.
7. Eje principal.
8. Multiplicadora.
9. Generador.
10. Estación meteorológica.
11. Barquilla o góndola.
12. Cuadro de control de la barquilla.
13. Motor de orientación. (yaw motor)
14. Sistema de orientación. (yaw drive)
15. Freno de servicio.
16. Junta rotativa.

17. Cuadro de control del buje.
18. Freno de orientación.

La barquilla o góndola contiene los componentes clave del aerogenerador, incluyendo la multiplicadora y/o el generador eléctrico. El personal de servicio puede entrar en la góndola desde la torre de la turbina. A la derecha de la góndola tenemos el rotor del aerogenerador, es decir, el conjunto del cono o nariz, las palas, el buje, los rodamientos de pala y el sistema de accionamiento de palas.

Las palas del rotor capturan el viento y transmiten su potencia hacia el buje. El buje del rotor está acoplado al eje principal del aerogenerador. Protegiendo el buje contra las inclemencias meteorológicas y dotándolo de una mejor aerodinámica, está el cono o nariz.

El eje principal del aerogenerador conecta el buje del rotor, en el caso de la configuración con multiplicadora, a la misma y, en el caso de la configuración con generador multipolo, al generador. El eje contiene conductos y cables para permitir el funcionamiento del accionamiento de las palas.

En el caso de la configuración con multiplicadora, la multiplicadora tiene a su derecha el eje de baja velocidad (eje principal). La función de la multiplicadora es permitir que el eje de alta velocidad que está a su izquierda gire varias veces más rápidamente que el eje de baja velocidad. El eje de alta velocidad, que gira a la velocidad nominal del generador, está equipado con un freno de disco mecánico de servicio. El freno mecánico se utiliza generalmente en caso de fallo del freno aerodinámico o durante las labores de mantenimiento del aerogenerador. En el caso de la configuración multipolo, el freno de servicio actúa sobre el eje principal.

El cuadro de control de la barquilla o góndola contiene un controlador electrónico que continuamente monitoriza las condiciones de funcionamiento del aerogenerador y que también controla el sistema de orientación. En caso de cualquier disfunción (por ejemplo, un sobrecalentamiento en el multiplicador o en el generador), el controlador automáticamente para el aerogenerador y genera un evento en el sistema de control del mismo para su supervisión.

El sistema de orientación es activado por el controlador electrónico, que vigila la dirección del viento utilizando la veleta de la estación meteorológica. Las señales electrónicas del anemómetro de la estación meteorológica son utilizadas por el controlador electrónico del aerogenerador para conectar el aerogenerador cuando el viento alcanza la velocidad de conexión de la turbina y desconectarlo cuando el viento alcance la velocidad de desconexión.

6.2 ESTADOS PRINCIPALES DE OPERACIÓN EN UN AEROGENERADOR TIPO

Los estados principales de operación más comunes de un aerogenerador tipo son:

- Marcha.
- Listo.
- Pausa.
- Stop.
- Emergencia.
- Manual / Mantenimiento.

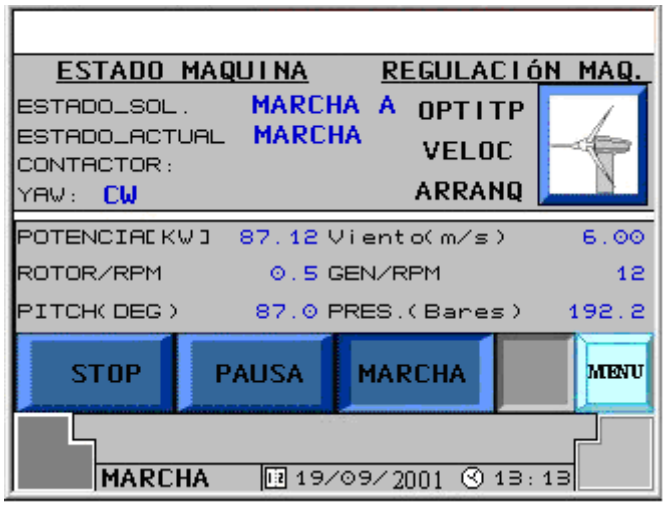


Figura 3: Ejemplo de pantalla de control de un aerogenerador.

6.3 PARQUE EÓLICO

El parque eólico es un establecimiento industrial de producción de energía eléctrica constituido por un conjunto de aerogeneradores interconectados eléctricamente que comparten instalaciones comunes por las que se trasvasa la energía a la red de transporte y distribución (Figura 4).

Todo parque eólico cuenta con aerogeneradores y subestación eléctrica. Algunos incorporan también subestación de control y dotaciones o también estaciones meteorológicas.

Figura 4: Ejemplo de parque eólico.

6.4 CIRCUITOS

En cualquier parque eólico con un número de aerogeneradores mayor que la docena se suelen dividir el total de aerogeneradores en dos o más circuitos de interconexión.

Hay dos motivos fundamentales para esta división: reducir las dimensiones de los elementos de interconexión y disminuir el número de aerogeneradores a desconectar en caso de avería de alguno de los elementos de interconexión, al desconectar solamente aquellos aerogeneradores conectados al circuito de interconexión donde se produjo el fallo.

6.5 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

Edificio o ubicación exterior donde se encuentra el conjunto de instalaciones del parque eólico que se encarga de la interconexión, la supervisión, la distribución y la transformación de la energía eléctrica a entregar a la red. En el caso de parques eólicos con dos o más circuitos de interconexión, generalmente las instalaciones de interconexión y supervisión suelen estar ubicadas en el interior de un edificio (Figura 5) y las de distribución y transformación a la intemperie (Figura 6).

Figura 5: Ejemplo de subestación eléctrica interior.

Figura 6: Ejemplo de subestación eléctrica exterior.

6.6 SCADA

El SCADA es un sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos.

Todos los elementos de un parque eólico, desde los aerogeneradores hasta las estaciones meteorológicas, pasando por los circuitos de interconexión y las subestaciones, están monitorizados por un software de supervisión, control y adquisición de datos que permite realizar un seguimiento de dichos elementos y actuar sobre los mismos (Figura 7).

El sistema SCADA de un parque eólico generalmente se encuentra en la subestación de control del mismo.

Aquellos propietarios u operadores de parques eólicos que dispongan de la infraestructura adecuada suelen disponer de un Centro de Operación Remota con un sistema SCADA interconectado con el sistema SCADA del parque eólico, permitiendo la supervisión, control y adquisición de datos del parque eólico de manera remota.

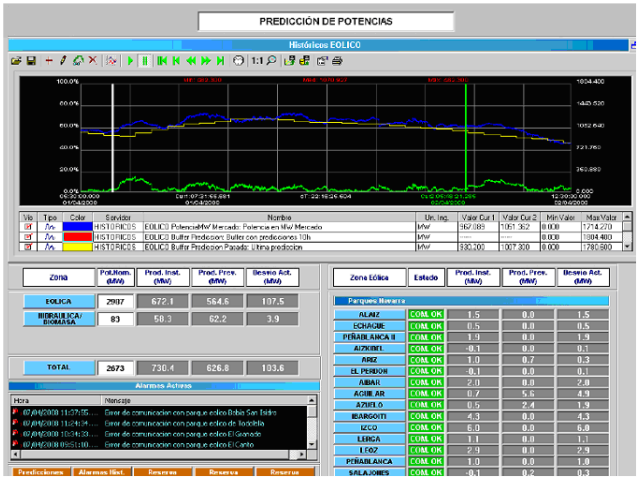


Figura 7: Ejemplo de sistema SCADA.

7 COMPONENTES DEL AEROGENERADOR

7.1 GENERADOR

En un parque eólico, los aerogeneradores producen la energía eléctrica en baja tensión (normalmente 690 V) que se transforma en media tensión (20.000 V típico) mediante transformadores, generalmente del tipo seco.

En la Figura 8 se puede observar un generador de Jaula de Ardilla. El rango de potencia de un generador va de 600 kW. hasta 8000 kW. El rango de tensión de 690 V hasta 4.160 V.

Figura 8: Generador

7.2 TRANSFORMADOR

La energía eléctrica producida por el aerogenerador en baja tensión (normalmente 690 V), se transforma en media tensión (20.000 V típico) mediante transformadores, generalmente del tipo seco.

La potencia de MT se evacua mediante cables subterráneos hasta la subestación de conexión a la red. Todo ello controlado mediante la aparamenta correspondiente. Los transformadores de distribución de tipo seco, (Figura 9), (dry type) se colocan dentro de la torre o en la barquilla para proporcionar el salto de tensión del generador de la turbina a la red de media tensión. La potencia de estos transformadores oscila desde los 500 kVA hasta 4,5 MVA, con tensiones de salida de hasta 36 kV.

Figura 9: Transformador seco

7.3 CELDAS DE MANIOBRA

Las celdas de maniobra (Figura 10), se instalan dentro de los aerogeneradores. Se trata de una cabina de 38 kV, con aislamiento integral en SF6 y con interruptor automático de corte en vacío. Además, soporta una intensidad de cortocircuito de 20 kA durante tres segundos y está ensayada frente a arcos internos (IAC - AFLR) de hasta 20 kA.

Figura 10: Celda de maniobra

7.4 ARMARIOS BAJA TENSIÓN

El armario de baja tensión está situado en la góndola y tiene como función principal realizar todo el control, automatismo y regulación del aerogenerador. Posee los circuitos de protección y mando de los accionamientos (motores, válvulas, etc.), así como la generación de las tensiones auxiliares de alimentación de los equipos eléctricos.

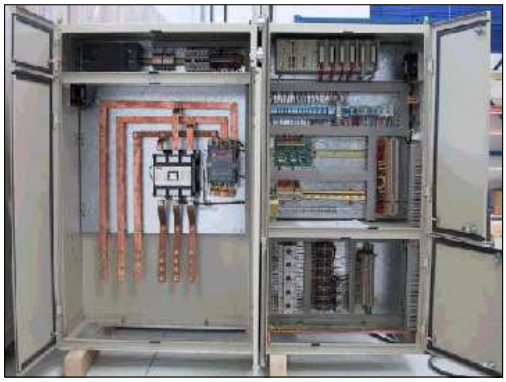


Figura 11: Armario de baja tensión

7.5 ELECTRÓNICA DE CONTROL

La electrónica de control integra funcionalidades específicas para el control de aerogeneradores y destaca por su alta capacidad de procesamiento, gran variedad de opciones de comunicación y prestaciones en entradas y salidas.

El conjunto configura un sistema potente, flexible y robusto para alojar las técnicas más avanzadas en el control de aerogeneradores y los interfaces con el resto del parque.

Figura 12: Armario Electrónica de control

7.6 COMPONENTES MECÁNICOS

La multiplicadora tiene con función la conversión entre la potencia de alto par torsor, que obtiene del rotor del aerogenerador girando lentamente, y la potencia de bajo par torsor, a alta velocidad, que utiliza en el generador.

La caja multiplicadora del aerogenerador, al contrario que la caja de cambios de un automóvil, no cambia de velocidad. Normalmente, suele tener una única relación de multiplicación (ratio) entre la rotación del rotor y el generador.

Las multiplicadoras de los aerogeneradores modernos (Figura 13), con el objeto de conseguir una relación de multiplicación alta en poco espacio, incorporan al menos una etapa planetaria en la entrada (eje lento) y una etapa helicoidal en la salida (eje rápido).

Figura 13: Multiplicadora seccionada con etapa planetaria (derecha) y etapa helicoidal (izquierda)

Entre la multiplicadora y el generador se encuentra un **acoplamiento.** Dado que la multiplicadora es un elemento que, debido a las variaciones de pares torsores del tren mecánico y a los soportes elásticos que la sustentan, tiene pequeños desplazamientos y el generador es un elemento estático, es necesario insertar entre ambos un elemento que permita desalineaciones entre los ejes de ambos, como es el acoplamiento flexible.

Los diferentes tipos de acoplamientos flexibles utilizados en los aerogeneradores son las juntas homocinéticas, las juntas cardan (Figura 14) y los modernos acoplamientos elásticos (Figura 15).

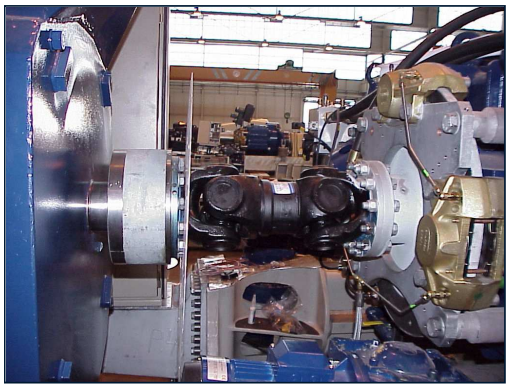


Figura 14: Junta cardan

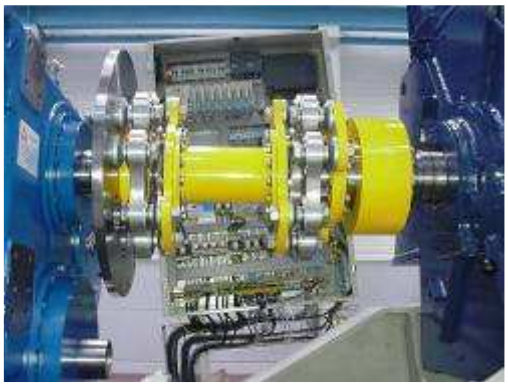


Figura 15: Acoplamiento elástico

El **sistema de orientación** de un aerogenerador se utiliza para orientar el rotor de la turbina en contra del viento.

Si el rotor no está perpendicular al viento, se dice que el aerogenerador tiene un error de orientación. Un error de orientación implica que pasará a través del área del rotor una menor proporción de la energía del viento (esta proporción disminuirá con el coseno del error de orientación).

Si esto fuera lo único que ocurre, el sistema de orientación sería una excelente forma de controlar la potencia de entrada al rotor del aerogenerador. Sin embargo, la parte del rotor más próxima a la dirección de la fuente de viento estará sometida a un mayor esfuerzo (par flector) que el resto del rotor. De una parte, esto implica que el rotor tendrá una tendencia natural a orientarse en contra del viento, independientemente de si se trata de una turbina corriente abajo o corriente arriba. Por otro lado, esto significa que las palas serán torsionadas hacia ambos lados en la dirección de "flap" (dirección perpendicular al plano del rotor) a cada vuelta del rotor. Por tanto, los aerogeneradores que estén funcionando con un error de orientación, estarán sujetos a mayores cargas de fatiga que los orientados en una dirección perpendicular al viento.

Casi todos los aerogeneradores de eje horizontal emplean orientación forzada, es decir, utilizan un sistema que mantiene la turbina orientada en contra del viento mediante motores eléctricos y reductoras (Figura 16).

Figura 16: Conjunto motor-reductora

Figura 17: Sistema de orientación (máquina de 750kW)

El sistema de frenado primario de la mayoría de aerogeneradores modernos es el sistema de frenado aerodinámico, que básicamente consiste en girar las palas del rotor unos 90 grados alrededor del eje longitudinal (en el caso de turbinas de regulación por cambio en el ángulo de paso o de turbinas de regulación activa por pérdida aerodinámica), o en girar 90 grados la punta de las palas del rotor (en el caso de turbinas de regulación por pérdida aerodinámica) (Figura 18).

Figura 18: Sistema de frenado aerodinámico en punta de pala

Estos sistemas suelen estar accionados mediante sistemas con acumulación de energía con el fin de que, incluso en caso de fallo de suministro eléctrico, sean capaces de parar el aerogenerador. Una vez que la situación de peligro ha pasado, el sistema de accionamiento de dichos sistemas devuelve las palas, o la punta de las palas, a su posición original.

La experiencia demuestra que los sistemas de freno aerodinámico son muy seguros. Frenarán la turbina en cuestión de un par de vueltas como mucho. Además, ofrecen una forma muy suave de frenar la turbina, sin ningún esfuerzo, desgaste o rotura importante en la torre ni en la maquinaria. Así pues, la forma habitual de frenar una turbina moderna es la de utilizar el sistema de freno aerodinámico.

En el caso de las turbinas de regulación por pérdida aerodinámica, el freno mecánico (Figura 19) es utilizado como sistema de apoyo del sistema de freno aerodinámico y como freno de estacionamiento, una vez que la turbina ha sido parada. Las turbinas de regulación por cambio del ángulo de paso no suelen necesitar activar el freno mecánico (excepto en trabajos de mantenimiento), dado que el rotor apenas sí puede moverse cuando las palas del rotor están giradas 90 grados.

Figura 19: Sistema de frenado mecánico

7.7 COMPONENTES HIDRÁULICOS

Dentro de un aerogenerador es posible encontrar algunos subsistemas que se basan en la oleohidráulica para su funcionamiento.

Los más usuales son:

- Sistema de regulación de paso de pala
- Sistema de frenos de disco en el eje del generador
- Sistema de freno aerodinámico en máquinas de paso fijo
- Sistema de orientación
- Sistema de freno de orientación

A continuación se muestran diferentes soluciones empleadas en la actualidad.

- Soluciones Hidráulicas

Figura 20: Centrales Hidráulicas para sistemas de Freno Yaw y Rotor

Figura 21: Cilindros Pitch con control de posición y bloques de control

Figura 22: Cilindros y sistemas de bloqueo

Figura 23: Distribución de bloques Pitch

Figura 24: Grupo Hidráulico para control de Pitch con integración de Freno Yaw

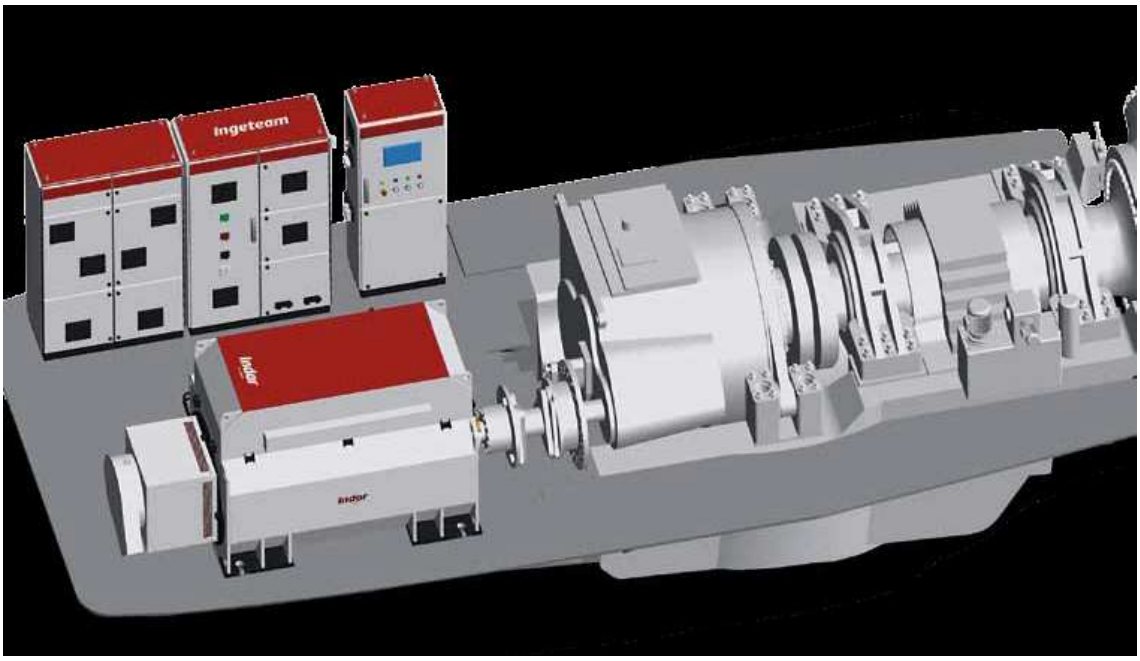


Figura 25: Vista Conjunto, multiplicadora, generador y armarios de control

8 MANTENIMIENTO

El presente apartado trata de definir someramente las diferentes operaciones de mantenimiento, tanto en su clasificación en niveles relacionados con el conocimiento de los operadores como en la referente a los diferentes tipos de mantenimiento.

8.1 OPERACIONES DE NIVEL 1 CON AEROGENERADORES

Se consideran operaciones de Nivel 1 con aerogeneradores a las maniobras, remotas o locales, de cambio de los estados de operación de dichos aerogeneradores.

Generalmente, en función de la marca del aerogenerador, las funciones de la pantalla de operador del aerogenerador y/o las funciones del SCADA que controla al aerogenerador, las operaciones de Nivel 1 sobre el mismo suelen cambiar.

Habitualmente las operaciones locales de Nivel 1 son:

- Marcha.
- Pausa.
- Emergencia.
- Manual / Mantenimiento.
- Comprobación de funcionamiento individual de subconjuntos.

Se consideran operaciones de Nivel 1 con activos de media y alta tensión a las maniobras, remotas, de apertura y cierre de dichos activos con objeto de aislar un fallo imprevisto y re-energizar de nuevo las instalaciones en ausencia de personal local en las instalaciones.

Las operaciones de Nivel 1 con activos de media y alta tensión suelen estar restringidas a:

- Apertura y cierre del interruptor principal.
- Apertura y cierre de los interruptores de circuitos.
- Apertura y cierre de los seccionadores de red.

Se busca dotar al operador remoto de capacidad y maniobrabilidad suficiente para aislar un fallo y re-energizar de nuevo las instalaciones, sin incurrir en un riesgo eléctrico muy elevado, en aquellas horas en las que no se dispone de personal local en las mismas.

8.2 OPERACIONES DE NIVELES 2 Y 3

Las operaciones de activos eólicos de Niveles 2 y 3 son operaciones complejas, que requieren un conocimiento avanzado de las instalaciones y el funcionamiento de los activos y que entrañan riesgos grandes de seguridad para las instalaciones o las personas.

Las maniobras de energización y des-energización son siempre maniobras locales.

En maniobras de puesta fuera de servicio de instalaciones para trabajos eléctricos, la norma exige verificación visual de apertura de los elementos de corte, por lo cual la maniobra remota no tiene mucho sentido y cobra vital importancia la maniobra local.

Se consideran operaciones de Niveles 2 y 3 con aerogeneradores a las acciones, remotas o locales, de cambio del comportamiento y/o funcionamiento de dichos aerogeneradores, Nivel 2, y de modificación temporal de parte de las instalaciones, Nivel 3.

Generalmente, en función de la marca del aerogenerador y/o las funciones del SCADA que controla al aerogenerador, las operaciones remotas de Nivel 2 sobre el mismo suelen estar restringidas.

Habitualmente las operaciones remotas de Nivel 2 son:

- Protección contra vientos dañinos.
- Control de potencia activa y reactiva.

Habitualmente las operaciones locales de Nivel 2 son:

- Cambio de parámetros de funcionamiento.
- Protección contra vientos dañinos.
- Control de potencia activa y reactiva.
- Des-energización del aerogenerador
- Energización del aerogenerador.

Habitualmente las operaciones locales de Nivel 3 son:

- Ensayos.
- Monitorizaciones.

Se consideran operaciones de Niveles 2 y 3 con activos de media y alta tensión a las maniobras, mayoritariamente locales, de puesta en servicio y fuera de servicio, y de creación y anulación de zonas protegidas, de dichos activos con objeto de llevar a cabo una acción correctiva o preventiva programada.

Habitualmente las operaciones locales de Nivel 2 son:

- Des-energización del circuito de media tensión.
- Energización del circuito de media tensión.
- Aislamiento del circuito de media tensión.
- Des-aislamiento del circuito de media tensión.
- Des-energización de la subestación de alta tensión.
- Energización de la subestación de alta tensión.
- Aislamiento de la subestación de alta tensión.
- Des-aislamiento de la subestación de alta tensión.

8.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO

La *European Federation of National Maintenance Societies* define mantenimiento como: "la acción o conjunto de acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida". Estas acciones incluyen la combinación de acciones técnicas y administrativas correspondientes.

Las actividades de mantenimiento deben orientarse a reducir al mínimo posible la indisponibilidad de los activos y eliminar sus incidencias que, aunque sean breves, distorsionan la continuidad del proceso productivo. La disponibilidad y la fiabilidad constituyen dos índices básicos para medir la eficacia del mantenimiento; pero para que el mantenimiento pueda calificarse de eficiente es preciso, además, que los costos involucrados sean lo más reducidos posible.

Teniendo en cuenta esta necesaria reflexión, se puede definir que los tipos de mantenimiento deben ser:

- Mantenimiento Correctivo: consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un activo una vez que han fallado. Es la reparación del fallo (fallo funcional), ocurre de urgencia o emergencia.
- Mantenimiento Preventivo: consiste en chequear y reacondicionar o sustituir a intervalos regulares un activo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento.
- Mantenimiento Predictivo: consiste en inspeccionar los activos a intervalos regulares y tomar acciones para prevenir los fallos o evitar las consecuencias de los mismos según el estado y la evolución del mismo. Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto (fallo potencial).
- Mantenimiento Proactivo: consiste en el análisis del origen del fallo y en la modificación de diseño, o cambio de las condiciones originales del activo y los procesos que lo afectan, para evitarlo o posponerlo. El mantenimiento proactivo, además, se adentra en la gestión del conocimiento y la información, mejorando los procesos de mantenimiento en base a la información obtenida de los activos y los propios procesos.

Hemos explicado anteriormente que el mantenimiento preventivo consiste en chequear, reacondicionar o sustituir, a intervalos regulares, un activo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento.

El conjunto de acciones que incluyen dichos documentos se pueden clasificar en las tres categorías descritas en el punto anterior: chequeo, reacondicionamiento y sustitución.

Acciones de Chequeo:

- Verificar el valor global de vibración del rodamiento delantero.
- Verificar el valor global de vibración del rodamiento trasero.
- Revisar el correcto funcionamiento del sistema de refrigeración.
- Comprobar el correcto estado de los 4 absorbedores de vibraciones.

- Comprobar el correcto estado de las escobillas (longitud > 26mm).
- Comprobar el correcto estado del cuerpo de anillos.

Acciones de Reacondicionamiento:

- Reapretar los terminales de la caja de conexiones del estator; par de apriete: 100Nm.
- Reapretar los terminales de la caja de conexiones del rotor; par de apriete: 100Nm.
- Engrasar el rodamiento delantero a 800rpm.
- Engrasar el rodamiento trasero a 800rpm.

9 ¿CUÁNDO ES NECESARIO UN PROCEDIMIENTO SEGURO PARA EL CONTROL DE ENERGÍAS PELIGROSAS?

Este procedimiento debe efectuarse siempre que se necesite hacer un trabajo cerca de cualquier componente que represente un peligro para los trabajadores en situaciones tales como:

- Cuando hay que quitar o puentear una barrera de protección u otro dispositivo de seguridad.
- Cuando hay que colocar una parte del cuerpo en un lugar donde pueda ser atrapada por motores en movimiento.
- Cuando se realizan trabajos en instalaciones eléctricas u otro tipo de instalaciones y los operadores se encuentren próximo a partes activas de la instalación.

Algunos trabajos donde se requiere un aseguramiento o cierre y la fijación de tarjetas son:

- Cuando vamos a realizar una labor de reparación, instalación o mantenimiento en equipos movidos por fuerza: eléctrica, neumática, hidráulica.
- Cuando vamos a realizar una labor de reparación, instalación o mantenimiento en sistemas de transporte de fluidos y gases o equipos que operan con presión.
- Reparación de mecanismos averiados.

10 MÉTODO PARA LA ELABORACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO SEGURO PARA EL CONTROL DE ENERGÍAS PELIGROSAS

Para iniciar el proceso debemos primero conocer algunas actividades de mantenimiento e instalación de aerogeneradores donde interactúa un tipo de energía o varios tipos de energía, las cuales pueden ser: Energía Eléctrica, Energía Neumática, Energía Hidráulica y Energía Mecánica. Los peligros intrínsecos a las diferentes energías, los sucesos y condiciones peligrosas previsibles, deben ser el punto de partida para la identificación y evaluación de los riesgos asociados a las diferentes tareas.

Con este inventario de tareas, evaluamos si contamos con los procedimientos y equipos suficientes para realizar las actividades y definimos con la gerencia el plan de acción a seguir.

La empresa debe contar con una política de seguridad y salud en el trabajo clara, divulgada y comprendida por los empleados de la compañía y contratistas, elaborada por la gerencia y en la cual se definan claramente los parámetros para todo trabajo con energías peligrosas.

10.1 PLAN DE CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO

La capacitación proporciona las herramientas y la información básica para que todos los empleados que realizan TRABAJOS CON ENERGIAS PELIGROSAS, desarrollen su actividad con el conocimiento de la actividad y con la evaluación y control de los riesgos a los que se exponen.

Este plan de capacitación se dirige a 4 niveles o grupos, los cuales se deben definir con anterioridad:

- General para mantenimiento: Dirigida a todo el personal que trabaja en operaciones de mantenimiento y explotación de parques eólicos.
- Operario Autorizado: Personas que desarrollan las tareas con energías peligrosas de manera cotidiana u ocasional.
- Supervisor: Se capacita al personal que tiene la responsabilidad de verificar el desarrollo de la tarea con el fin de generar criterio de decisión y supervisión.
- Emergencias: Personal para responder ante una emergencia que se presente en el desarrollo de la tarea. Identificadas las personas que tienen responsabilidad por los TRABAJOS CON ENERGIAS PELIGROSAS, se deberá establecer un plan de entrenamiento de estas personas.

10.2 PROCEDIMIENTO SEGURO PARA TRABAJOS CON ENERGÍAS PELIGROSAS

Cuando se va a realizar un trabajo de mantenimiento, revisión, expansión etc. y en éste confluyen una o varias energías, según inventario y la actividad es rutinaria o no rutinaria, se debe evaluar el riesgo y preparar el procedimiento para el control de energías peligrosas.

10.3 PASOS PARA EL CONTROL DE ENERGIAS PELIGROSAS

La regulación y control de energía peligrosa se debe realizar de acuerdo con un programa de seis pasos.

10.3.1 PREPARACIÓN PARA APAGAR

Para asegurar o rotular cualquier equipo antes de apagarlo se requiere conocer: el tipo y cantidad de energía que lo hace funcionar, los peligros de dicha energía y la manera de controlarla. Se debe evaluar si la tarea se combina con otras de alto riesgo "trabajo en tensión, trabajo en alturas, trabajos de soldadura" e implementar el procedimiento si se requiere, según política de salud y seguridad en el trabajo de la empresa. Además en la implementación se debe:

Reconocer el equipo: Asegúrese de conocer cuáles son las fuentes de energía que están presentes y cómo controlarlas correctamente. Se verifica lo siguiente:

- Identificar las fuentes de energía y dónde están ubicados los desconectores.
- Determinar el problema: Fallo mecánico, limpieza o mantenimiento rutinario.
- Determinar si hay otros sistemas o máquinas activas por la misma fuente.
- Si más de una persona trabajará en el procedimiento, asegurarse que se tenga el número suficiente de candados.
- Asegurarse de contar con los dispositivos de restricción como bloqueadores o cadenas adecuados para la máquina a reparar.
- Verificar si es necesario el uso de equipos de protección personal especial.
- Verificar si hay fluidos, sustancias químicas o gases con las que puedan entrar en contacto.

Notificar al personal afectado sobre la realización del trabajo: Antes de comenzar cualquier procedimiento de bloqueo, notifique al superior y a todos los empleados que se vean involucrados (aquellos que tengan que ver con la máquina) qué es lo que se va a hacer y que deben mantenerse alejados de la máquina.

Señalizar el sitio de trabajo: El sitio afectado por el trabajo que se va a realizar se debe señalizar para advertir a las demás personas que no deben ingresar en éste , y que en esos momentos se está realizando una labor.

10.3.2 APAGADO DE EQUIPOS

El primer paso para el aseguramiento de la energía peligrosa es oprimir el botón de parada del equipos sobre el que se desea operar. Todo interruptor de circuitos, válvulas o mecanismo de aislamiento de energía debe ponerse en la posición que indique visiblemente que está apagado o desconectado.

Corte de las fuentes de energía. Siempre que sea posible, antes de bloquear la fuente principal, coloque la máquina en su posición de reposo, luego asegúrese de que todos los controles, manuales y automáticos, estén apagados. Compruebe en la máquina, en el botón de arranque, que ésta ha sido apagada.

Antes de aislar la fuente principal se deben apagar todos los equipos que ella alimenta para evitar que la demanda o carga de estos equipos generen un accidente.

Recuerde: El botón de arranque no se debe utilizar como medio de aislamiento. Algunos equipos pueden operar aún si el botón está en posición de parada.

10.3.3 AISLAMIENTO DE EQUIPOS

Es necesario aislar el equipo de todas las fuentes de energía, tanto de los proveedores secundarios como del principal.

10.3.4 FIJACIÓN DE CANDADOS Y TARJETAS

Una vez que el dispositivo de desconexión esta abierto o en posición OFF, se debe colocar el candado en el dispositivo de cierre de energía o colocar el aviso de prevención según la política de salud y seguridad en el trabajo contemplada por la empresa, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Utilizar una pieza adicional si el candado no puede ser conectado directamente al control de energía.
- Al utilizar un sistema de aseguramiento, cada empleado debe colocar su candado personal en el equipo de trabajo.
- Tratar de abrir los candados para asegurarse que están bien cerrados.
- Más de un empleado puede asegurar un sistema de aislamiento de energía utilizando un cierre múltiple.
- Si se utilizan avisos en tarjetas, en vez de candados, se deben colocar en el mismo lugar o lo más cercano posible a donde se pondría el candado.
- Las tarjetas se deben llenar completa y correctamente escribiendo los siguientes datos: fecha de expedición, el nombre del equipo, el responsable, el trabajo a realizar y el nombre de la persona que autoriza el bloqueo.

Si la fuente es energía eléctrica:

- Evaluar si hay circuitos adicionales que pueden abastecer otras partes de la zona de trabajo y bloquearlos: algunas veces, las piezas diferentes de las máquinas reciben su energía de circuitos diferentes.

Si la fuente es energía hidráulica:

- Apague el motor y espere a que deje de moverse. Luego desconecte el interruptor, si otras máquinas son abastecidas por la misma bomba. Es posible que tenga que bloquear las válvulas que controlan el flujo del fluido hidráulico del equipo que se le presta el servicio.

- Cierre y bloquee las válvulas tanto en el lado de entrada como de salida de la máquina para prevenir que el fluido vaya de regreso a la máquina y provoque algún movimiento.

Si la fuente es energía neumática:

- El bloqueo se realiza en el interruptor eléctrico y en las válvulas de control de flujo de la parte especifica del equipo.

10.3.5 CONTROL DE ENERGÍA ALMACENADA

Los equipos después de ser aislados de su fuente, pueden contener energía almacenada y ésta se debe controlar para evitar su liberación accidentalmente.

Los siguientes pasos se deben tomar para protegerse de la energía que pueda estar almacenada en el equipo después de que haya sido aislado de sus fuentes de energía.

- Inspeccionar el sistema para asegurarse de que todas las piezas móviles se han detenido.
- Verificar la efectividad del bloqueo y garantizar que éste no sea removido accidentalmente.
- Instalar la conexión a tierra.
- Dejar escapar cualquier tipo de presión existente.
- Desconectar la tensión en resortes o bloquear el movimiento de partes activadas por sistemas de resortes.
- Bloquear o asegurar las partes que pueden caerse debido a la gravedad.
- Bloquear las partes en los sistemas hidráulicos o neumáticos que puedan moverse debido a la falta de presión de aire.
- Purgar las mangueras y destapar todo el sistema de ventilación.
- Drenar los sistemas de tuberías y cerrar las válvulas para prevenir el flujo de materiales tóxicos.

- Si una tubería debe ser bloqueada donde no hay válvula, utilizar una brida de tubo.
- Purgar los tanques de procesamiento y tuberías de conducción.
- Disipar todo extremo de calor o frío, o utilizar ropa protectora.

- Si la energía acumulada puede almacenarse, monitorizar su nivel para que no exceda el límite de seguridad.
- Todas las baterías que abastezcan el circuito se tienen que desconectar.

10.3.6 VERIFICACIÓN DEL AISLAMIENTO DE EQUIPOS

El suponer que el bloqueo ha funcionado para evitar que el equipo se energice es peligroso. Por ello, cuando se hayan bloqueado todas las fuentes de energía y toda la energía residual haya sido controlada o disipada, se debe comprobar en los controles de la máquina que no existe movimiento y que ninguna de las luces indicadoras muestre potencia, además:

- Verificar que no haya nadie en las áreas de peligro.
- Asegurarse de que las fuentes de energía no puedan ser energizadas.
- Comprobar la ausencia de energía por medio de equipos de detección o tratando de accionar sus interruptores y controles.

10.4 OTRAS RECOMENDACIONES A TENER PRESENTE

Retiro de candados y tarjetas: Para quitar los candados y las tarjetas se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Definir quién es el responsable de retirar los candados y las tarjetas. Se prefiere que la persona que instaló el aviso o el candado, sea la que lo retire.
- Cuando termine la reparación o el mantenimiento, asegurarse de que todas las herramientas y cualquier otro equipo sea retirado de la máquina y que las protecciones se han colocado en su lugar.
- Tener presente que si un operario termina el turno y su candado está todavía puesto, porque aún no se ha terminado la operación de mantenimiento, la persona que lo releva debe poner su propio candado en el dispositivo de cierre antes de que el primer operario retire el suyo.
- Los candados son personales y deben estar marcados con el nombre de quien lo utiliza. Estos no se deben prestar, ni utilizar para otra actividad que no sea de bloqueo.
- Si colocó tarjetas en los interruptores de control, dejarlas puestas mientras saca los candados y vuelve a activar la máquina.
- Cuando esté seguro de que todo está funcionando adecuadamente, retirar las etiquetas y avisar a los otros empleados que la máquina está lista para su funcionamiento.

Válvulas: es necesario cerrarlas con candados para evitar que se muevan a la posición abierta. La persona que está haciendo el bloqueo de la válvula debe poner una tarjeta en el volante de la válvula

que diga “no se puede operar”. La persona que puso el candado y la tarjeta es la única autorizada para retirarla, una vez terminado el trabajo.

Para lograr una protección efectiva, se puede usar una combinación de cadena y dispositivo de cierre.

Aislamiento efectivo: el único aislamiento efectivo es el que se hace en el desconector local. Cuando éste no existe, el cierre del equipo debe hacerse en el desconector principal.

Trabajo en tanques o recipientes: Cuando es necesario trabajar dentro de un tanque o dentro de un recipiente que tenga un agitador de arrastre completo o de tipo tornillo sin fin, el agitador debe ser dejado sin energía, desconectando los terminales del motor del agitador o colocando el interruptor del desconector en la posición de desconexión “OFF”.

Trabajo con contratistas: El empleador o responsable del programa de control de energía peligrosa, debe informar y entrenar al contratista visitante sobre el procedimiento seguro para el control de energías peligrosas.

Recordar: los candados y los avisos en sí no eliminan la energía en la máquina. Estos se ponen únicamente después de que las fuentes de energía han sido desconectadas.

11 PROGRAMAS FORMATIVOS

La Ley de 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales establece en su artículo 19 los requisitos de Formación de los trabajadores, basados en el cumplimiento del deber de protección del empresario, quien deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva, tanto en el momento de su contratación, cualquiera que sea la modalidad o duración de ésta, como cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñe o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo.

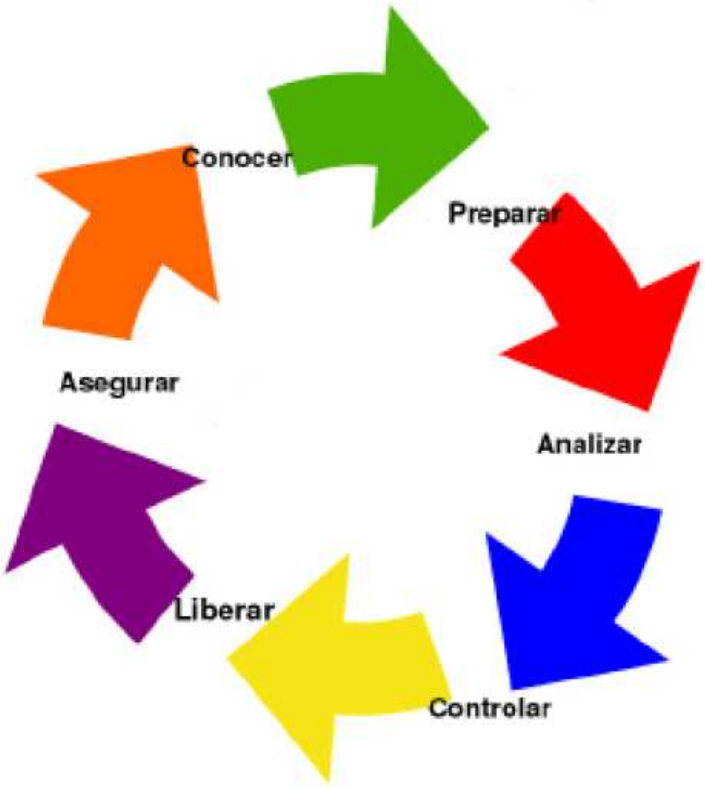
La formación deberá estar centrada específicamente en el puesto de trabajo o función de cada trabajador, adaptarse a la evolución de los riesgos y a la aparición de otros nuevos y repetirse periódicamente, si fuera necesario.

El control de energías peligrosas es una forma de asegurarse de que la electricidad, o cualquier otro tipo de energía, ha sido desconectada, liberada, bloqueada y en su caso señalizada, para garantizar la seguridad de los operarios de mantenimiento del aerogenerador. Cortar el paso de la energía no es suficiente. Además de eso hay que desactivar el equipo (para evitar que se ponga en marcha), hay que cortar completamente la energía usando un dispositivo de bloqueo, además de liberar la energía acumulada (por ejemplo, quitar la presión en un circuito hidráulico) y comprobar que no existen energías residuales. Concienciar a todo el personal, mandos, técnicos y operarios, y lograr que interioricen ciertas habilidades como identificar y percibir los riesgos, adoptar las medidas que garanticen la seguridad durante los trabajos que realizan y requieren, sin lugar a dudas, de un efectivo programa de capacitación.

En consecuencia, la empresa, para garantizar la seguridad de operadores de mantenimiento, deberá establecer un programa de control de energías peligrosas y un compromiso real de cumplirlo y hacerlo cumplir. Para capacitar al personal, es necesario disponer de un programa cuyos contenidos deben identificar:

- Las fuentes de energía peligrosas.
- Las personas autorizadas para eliminar las energías de los equipos.
- Cómo llevar a cabo la desenergización.
- Liberar la energía almacenada.
- Bloqueo.
- Poner y quitar dispositivos de control de energías peligrosas.
- Coordinación con otros trabajos que se estén realizando.
- Volver a poner el equipo en servicio.

CÍRCULO DE SEGURIDAD DE UN PROGRAMA DE CONTROL DE ENERGÍAS PELIGROSAS



PASO 1: CONOCER

Se debe ser consciente de que se puede sufrir un accidente y deben conocerse las formas de evitarlo.

Factores de influencia en un accidente:

- Factor personal.
- Factores ambientales.
- Factores organizacionales.

Todos los trabajadores de la empresa tienen el derecho y la obligación de cumplir con las medidas de seguridad establecidas para realizar su trabajo de manera segura.

PASO 2. PREPARACIÓN

- Prepararse a sí mismo.
- Preparar sus herramientas.
- Preparar sus dispositivos para el control y desconexión de energía.
- Preparar sus etiquetas o tarjetas de identificación.

- Otros dispositivos de seguridad tales como barreras físicas, cadenas o bloqueadores de válvulas pueden ser necesarios para asegurar el equipo.

PASO 3. ANALIZA

Detente, analiza, identifica.

- Identifica los riesgos relacionados con el trabajo a realizar.
- Identifica las diferentes fuentes de energía que alimentan el equipo y los puntos de desconexión y sistemas de control para el mismo.
- Identifica otros equipos interconectados o que puedan ser afectados.

PASO 4. CONTROLAR

- Inspecciona el sistema para asegurar de que todas las piezas móviles se hayan detenido.
- Instala los contactos a tierra.
- Desconecta la tensión en resortes o bloquea el movimiento de partes activadas por sistemas de resortes.
- Bloquea o asegura aquellas partes que puedan caerse debido a la fuerza de la gravedad.
- Bloquea las partes o sistemas hidráulicos o neumáticos que puedan moverse debido a la falta de presión.

PASO 5. LIBERAR

Debes asegurarte de que las energías residuales sean liberadas:

- Libera cualquier tipo de presión existente.
- Purga mangueras asegurándote de no provocar derrames o contaminación.
- Drena sistemas de tubería para prevenir el flujo de materiales peligrosos.
- Disipa todo calor o frío existente utilizando el equipo de protección personal adecuado.

PASO 6. ASEGURARSE

Asegúrate de que el equipo no puede ser arrancado desde ninguno de sus controles. Utiliza los equipos de medición para asegurar que ya no existe energía. El área debe mantenerse acordonada y sólo el personal autorizado debe permanecer en dicha área.

La aplicación del procedimiento de control y desconexión de energía sólo podrá calificarse como completa cuando el equipo sea liberado para operación normal sin que esto represente riesgos para el personal.

Antes de remover los dispositivos de bloqueo o desconexión asegurar que:

- El equipo se encuentra en condiciones de operación segura.
- Las herramientas y equipo de trabajo hayan sido recogidas.
- El sistema está completamente ensamblado.

- Todos los trabajadores involucrados en el trabajo están de acuerdo en liberar el equipo.
- Las barreras físicas han sido retiradas.
- Notifique a otras áreas involucradas de que el equipo será puesto nuevamente en operación.
- Retire los candados o dispositivos de bloqueo.
- Retire las etiquetas de precaución y acordonamiento del área.
- Mantenga el orden y limpieza del área antes, durante y después del trabajo.

12 INSPECCIONES PROGRAMADAS

La inspección preventiva es una buena herramienta para la detección temprana de actos inseguros y condiciones peligrosas. Así mismo, sirve también para el seguimiento de las medidas e instrucciones establecidas, verificando su cumplimiento. Es por lo tanto necesario realizar inspecciones programadas con el fin concreto de verificar y mejorar el sistema de consignación de las fuentes de energías peligrosas en los trabajos de mantenimiento de aerogeneradores.

12.1 OBJETIVOS DE LAS INSPECCIONES DE SEGURIDAD

1. Identificar actos inseguros y condiciones peligrosas derivadas en las actividades de consignación de aerogeneradores.
2. Determinar necesidades específicas y efectividad de la formación e información de los operadores, en base a la información recogida en las inspecciones.
3. Verificar la necesidad, la idoneidad o las carencias de los procedimientos e instrucciones empleadas en la consignación.
4. Corregir de forma inmediata situaciones inseguras de riesgo grave e inminente.
5. Recoger sugerencias del personal con vista a realizar mejoras en los métodos de bloqueo, etiquetado y señalización.
6. Detectar fallos y errores en la aplicación de los procedimientos de consignación.

12.2 ETAPAS DE LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD

1. Selección de tareas y personal a observar: Si bien es recomendable que todas las tareas se revisen en algún momento, es necesario establecer prioridades y seleccionar en una primera etapa las críticas.
2. Planificación de inspecciones de seguridad: La frecuencia en la que se realizarán las inspecciones de seguridad debería estar descrita en el procedimiento.
3. Registro de la Observación-Guía: La inspección de seguridad se registra en un formulario o check-list.
4. Distribución del impreso “Inspección de Seguridad”: Finalizada la inspección, el inspector de seguridad distribuirá dos copias firmadas, una copia para el jefe o responsable jerárquico de la empresa titular y la otra para el inspector que archivará el original.

Por lo menos una vez al año, se conducirá una inspección para asegurar que se estén siguiendo todos los aspectos del programa de control de energía. Esto incluirá una revisión de procedimientos y observación de trabajos de interrupción de energía usando candados que se estén realizando bajo las condiciones actuales. El inspector será asignado por el Coordinador del Programa, y no deberá estar involucrado en el procedimiento de control de energía peligrosa que se esté inspeccionando.

13 PROCEDIMIENTOS PARA EL CAMBIO DE TURNO

Si un operador autorizado debe abandonar el equipo que tiene la energía interrumpida con candados, retirará su propio candado antes de salir del lugar de trabajo. De esta forma, se pretende asegurar que los candados estarán disponibles para ser usados en el próximo trabajo si la tarea precisa de bloqueo de energía. Bajo ninguna circunstancia, un operador dejará de colocar su candado personal, aunque otros operadores hayan comenzado a trabajar y tengan sus candados colocados.

Los cambios de turno serán coordinados por los supervisores apropiados. La coordinación incluirá:

1. Cambio de candados para asegurar que el equipo permanece inmovilizado todo el tiempo durante el cambio de turno.
2. Probar nuevamente que el equipo esté sin energía.
3. Notificar que el equipo se probará o arrancará nuevamente.
4. Cambios en el trabajo que puedan afectar el procedimiento de control de energía peligrosa.

14 CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS

Antes de comenzar a trabajar, el personal externo o contratistas involucrados en la interrupción de energía usando candados en equipo o maquinaria que afecta a los trabajadores internos, deberá proporcionar por escrito los procedimientos de control de energía al Coordinador del Programa. Todos los trabajadores afectados deberán ser notificados de la existencia de los procedimientos proporcionados por el contratista.

Para proteger a los trabajadores internos, el área de trabajo del contratista será aislada y el acceso será restringido siempre que sea posible. Si esto no es posible, el Coordinador del Programa debe asegurarse de que el contratista cumpla con los procedimientos apropiados de aislamiento de energía, a través de la observación del trabajo que se esté realizando.

15 FORMATOS

CONSIGNACIÓN DE MÁQUINAS | 1º Referencia PT/M_EQ____/20____ | SOLICITANTE (TAREA): | Impreso Nº: ____ de ____

2º Nombre solicitante: D._____ | 3º Sección: | 4º Fecha solicitud: ..../...../.....

5º Descripción tarea/ Orden mantenimiento | 6º Recurso preventivo D._____ | 11º Fdo.: El Solicitante:

7º Trabajos en caliente SI: ☐ NO: ☐ | 8º Los ejecutantes han sido informados de la tarea, de las medidas preventivas asociadas, de las medidas de emergencia y de los equipos de protección individual a utilizar. SI: ☐ NO: ☐

9º Permisos de trabajo asociados | 10º Ejecutante mayor cualificación D._____ | 12º Fdo.: El Ejecutante:

AUTORIZANTE | 13º D._____ | 14º Comprobaciones generales – Orden y limpieza correctos, EPI´s y equipos de trabajo adecuados y en buen estado. – Medios de extinción adecuados a la tarea/Brigadas de emergencia/equipos primeros auxilios SI: ☐ NO: ☐

15º Equipos a consignar | Eq. Eléctricos ☐ Eq. Neumáticos ☐ Válvulas Manuales ☐ Tuberías de Aporte ☐ Líneas de Aire ☐ Líneas de Gas: ☐ Otros:

16º Se autoriza los trabajos en caliente | SI: ☐ NO: ☐ NP: ☐ | En las siguientes condiciones (Medidas preventivas correctas):

17º Instrucciones para casos de emergencia | SI: ☐ NO: ☐ | Especificar | 23º Se autoriza el trabajo - equipos/máquinas consignadas (medidas preventivas correctas) | Hora inicio .....h .....min | 24º Fdo.: El Autorizante:

Autorizante	RESPONSABLE DE CONSIGNACIÓN – ENCLAVAMIENTO DE EQUIPOS ANTES DE LA TAREA		ETIQUETA		Autorizante – VERIFICACIÓN		RESPONSABLE DE CONSIGNACIÓN – DESENCLAVAMIENTO DE EQUIPOS DESPUES DE LA TAREA		Último Autorizante – ETIQUETA		Último Autorizante – VERIFICACIÓN	
18º Código equipo	19º Enclavamiento	20º Nombre responsable consignación	21º Colocada		22º Equipo consignado		27º Desenclavamiento	28º Nombre responsable consignación	29º Retirada		30º Protecciones mecánicas y eléctricas	
	Fecha y hora	D._____	SI	NO	SI	NO	Fecha y hora	D._____	SI	NO	SI	NO
	..../...../..... ....h ....min	Firma					..../...../..... ....h ....min	Firma				
	..../...../..... ....h ....min	Firma					..../...../..... ....h ....min	Firma				
	..../...../..... ....h ....min	Firma					..../...../..... ....h ....min	Firma				

CAMBIO DE TURNO (SI PROCEDE)

33º Autorizante nuevo turno D._____ | Informado y conforme con las medidas preventivas implantadas | Firma Autorizante N. Turno

35º Inicio tareas Fecha y hora ...../...../..... ....h ....min

34º Ejecutante nuevo turno (Mayor cualificación) D._____ | Los ejecutantes han sido informados de la tarea, de las medidas preventivas asociadas, de las medidas de emergencia y de los equipos de protección individual a utilizar. | Firma Ejecutante N. Turno

FINALIZACIÓN DE TRABAJOS

Último Ejecutante: 25º Fecha y hora fin de trabajos ...../...../..... .....h .....min

31º Último Autorizante: – Zona limpia y ordenada – Eq. extinción colocados SI: ☐ NO: ☐ | Se autoriza reanudar la actividad en la zona SI: ☐ NO: ☐

- NO COMENZAR LA TAREA SOBRE EL EQUIPO CONSIGNADO HASTA QUE LA VERIFICACIÓN DEL EQUIPO CONSIGNADO SEA SI (PUNTO 22º)
- NO ACTIVAR EL EQUIPO HASTA QUE LA VERIFICACIÓN DE LA COLOCACIÓN DE LOS RESGUARDOS SEA SI (PUNTO 30º)
- EL PERSONAL ELECTRICISTA CUSTODIA PERSONALMENTE LA LLAVE DEL CANDADO DESDE QUE ENCLAVA HASTA QUE DESENCLAVA EL EQUIPO
- EL ELECTRICISTA/INSTRUMENTISTA Y PERSONA QUE REALIZA LA TAREA, UTILIZARÁN LOS EPIS ADECUADOS PARA LA CONSIGNACIÓN/TAREA.

26º Firma del último Ejecutante | 32º Firma del último Autorizante

ZONAS SOMBREADAS: GRIS – SOLICITANTE Y EJECUTANTE | SEPIA – RESPONSABLE CONSIGNACIÓN | AMARILLO – AUTORIZANTE

Este registro dispone de 1 ORIGINAL y 1 COPIA.
ESTE IMPRESO, DEBE SER DEVUELTO A LA PERSONA QUE AUTORIZÓ LOS TRABAJOS, UNA VEZ SE HAYAN FINALIZADO.
Si algún equipo no se ha bloqueado adecuadamente, resulta NO: Prohibir la tarea, consignar de nuevo, verificar y anotar en la columna de SI.
Si algún equipo no dispone de sus correspondientes resguardos, resulta NO: no arrancar el equipo, colocar resguardos, verificar y anotar en la columna de SI.
nº : Número de orden de los pasos a seguir en la cumplimentación del impreso.

Procedimiento de Control de Energía

Copia Maestra de Control

Fecha Escrita _____Fecha de Revisiones: _____

Procedimiento Escrito por _____
Editor(es) _____Fecha Examinada _____

Aprobaciones _____Fecha Aprobada _____

Descripción del Procedimiento

Equipo

Descripción _____

Número de Serie _____

Localización

Localización del Equipo _____

Área o Departamento _____

Aparato de Bloqueo Requerido

Aparato _____

Procedimiento de Bloqueo

Procedimiento _____
_____

_____

Verificación

Cómo Verificar que el Bloqueo está completo _____
_____

_____

Liberación y Arranque

Procedimiento de Liberación _____
_____

Archivo de Actividades de Bloqueo/Rotulación

Hoja de Cumplimiento

Empleado	Equipo	Bloqueo Fecha/Hora	Liberación Fecha/Hora	Razón

Capacitación sobre Bloqueo/Rotulación

Las personas siguientes asistieron a capacitación sobre el programa de bloqueo/rotulación en ______________.

Nombre	Firma	No. de Candado

16 RESPONSABILIDADES

La persona designada por la empresa, "Responsable de Consignación" tendrá completa responsabilidad de la implementación del programa de consignación del aerogenerador por medio de la adecuada distribución de los recursos, asignación de autoridad y aseguramiento de responsabilidades.

El Responsable de Consignación designará al Responsable del Entrenamiento, y tendrá como responsabilidad, el entrenamiento inicial tanto para trabajadores autorizados y afectados, así como reentrenamiento en el caso de que se usen nuevos equipos, o para corregir las deficiencias observadas durante la revisión anual del programa.

El Responsable de Consignación designará también al Coordinador del Programa. El Coordinador del Programa es responsable de desarrollar y revisar procedimientos de interrupción de energía usando candados y de especificar el equipo usado para el control de la energía.

Cada Jefe o Encargado de equipo es responsable de la aplicación apropiada de todos los procedimientos requeridos para el control de la energía, así como de los trabajadores que están bajo su supervisión, recomendando los cambios necesarios.

Cada operador es responsable de aprender y de seguir los procedimientos indicados en el programa de consignación.

17 EQUIPOS PARA BLOQUEO, ETIQUETADO Y SEÑALIZACIÓN

El presente apartado trata de exponer los requisitos que deben cumplir los dispositivos de bloqueo y etiquetado, además de dar a conocer los diferentes tipos de bloqueos asociados a los tipos de energías peligrosas.

17.1 REQUISITOS DE LOS EQUIPOS.

Los dispositivos de bloqueo deben identificarse de forma singular. Además, serán los únicos dispositivos utilizados para controlar la energía, no debiéndose usar para otros propósitos y cumpliendo los siguientes requisitos:

- Duraderos: capaces de soportar el entorno al que están expuestos durante todo el período que se prevé que estarán expuestos.
- Estandarizados: los dispositivos deben estar estandarizados dentro de una instalación, siguiendo al menos uno de los siguientes criterios: color, forma o tamaño.
- Resistencia: Deben diseñarse para garantizar que en caso de querer quitarlos, sin las llaves o dispositivos propios, deban emplearse herramientas cortantes.
- Los productos empleados para el bloqueo deben ser de diseño robusto: fabricados con materiales resistentes, por lo que deben soportan sin problemas las condiciones normales de uso y manipulación.
- Identificables**:** Deben indicar la identidad del empleado que colocó el dispositivo.

17.2 PINZAS PARA BLOQUEO

Las pinzas para bloqueo (Figura 26) son parte importante de un sistema de bloqueo de seguridad efectivo, en los casos en los que intervienen varias personas.

Las pinzas permiten el bloqueo conjunto hecho por varios trabajadores en cada punto de bloqueo, para ello:

- Hay que colocar una aldaba en el punto de aislamiento.
- El control no se podrá activar hasta que el último trabajador haya quitado su candado de las pinzas (ver Figura 28).
- Existen modelos disponibles para las distintas necesidades.

Figura 26: Pinzas metálicas

Las pinzas de nylon (Figura 27), no conductoras, con cuerpo y mordaza en nylon termoplástico confieren protección dieléctrica, no conductora y antichispas. Ideal para aplicaciones eléctricas.

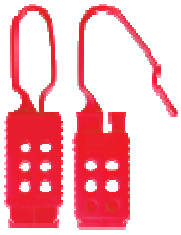


Figura 27: Pinzas de nylon

Figura 28: Pinza con los candados de seguridad

17.3 PINZAS CON ETIQUETAS PERMANENTES

Las pinzas con etiquetas permanentes combinan bloqueos de varias personas y etiquetas de identificación. Se fabrican en aluminio anodizado y acero inoxidable para combinar fortaleza y resistencia a la corrosión.

Figura 29: pinzas con etiquetas permanentes

17.4 BLOQUEADORES DE VÁLVULAS ROTATIVAS

Los bloqueadores de válvulas rotativas (Figura 30) con giro de apertura y cierre, permiten una instalación sencilla y un bloqueo seguro. El dispositivo rodea la manivela de la válvula para impedir su apertura accidental. Su diseño giratorio permite una instalación fácil incluso en espacios reducidos. Varios operadores pueden colocar sus candados de seguridad personal. Disponen también de etiquetas de prevención permanentes y muy visibles.

Figura 30: Bloqueadores de válvulas rotativas

17.5 BLOQUEADORES PARA VÁLVULAS DE BOLAS

El bloqueador de palanca de válvulas de bola (Figura 31), encaja en prácticamente todas las válvulas manuales de un cuarto de vuelta para proteger contra la apertura accidental de la válvula. Se adhiere fuertemente a la palanca cerrada para impedir su movimiento. Apto para una amplia gama de tamaños de válvulas de bola y espacios reducidos.

Figura 31: Bloqueador de palanca de válvulas de bola

17.6 BLOQUEADOR BOTELLAS DE GAS PRESURIZADO

El bloqueador botellas de gas presurizado (Figura 32), apto para válvulas de gas presurizado, rodea la manivela de la válvula para impedir su apertura accidental, funcionando con la válvula de cierre en su sitio. Se adapta prácticamente a todas las válvulas de gas presurizado de hasta 76 mm de diámetro.

Figura 32: Bloqueador botellas de gas presurizado

17.7 BLOQUEADORES PARA INTERRUPTORES

Los bloqueadores para interruptores (Figura 33), permiten un bloqueo eficaz de puntos de desconexión eléctrica como disyuntores, enchufes e interruptores de pared, proporcionando un bloqueo resistente mediante un montaje seguro y simple. Se sujeta firmemente con sólo girar el pulgar y su abrazadera.

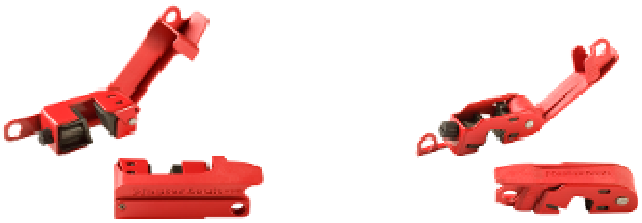


Figura 33: Bloqueadores para interruptores

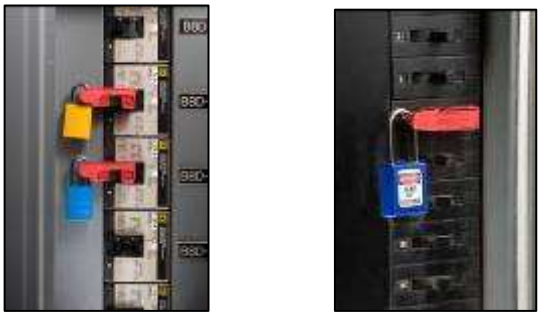


Figura 34: Bloqueador de interruptor con candado de seguridad

17.8 BLOQUEADORES PARA INTERRUPTORES MAGNETOTÉRMICOS

Los bloqueadores para interruptores magnetotérmicos, de tornillo (Figura 35) se adaptan a todos los disyuntores de pequeña potencia y se pueden colocar en la palanca con sólo apretar un tornillo.(Figura 36).

Figura 35: Bloqueadores para interruptores magnetotérmicos, de tornillo

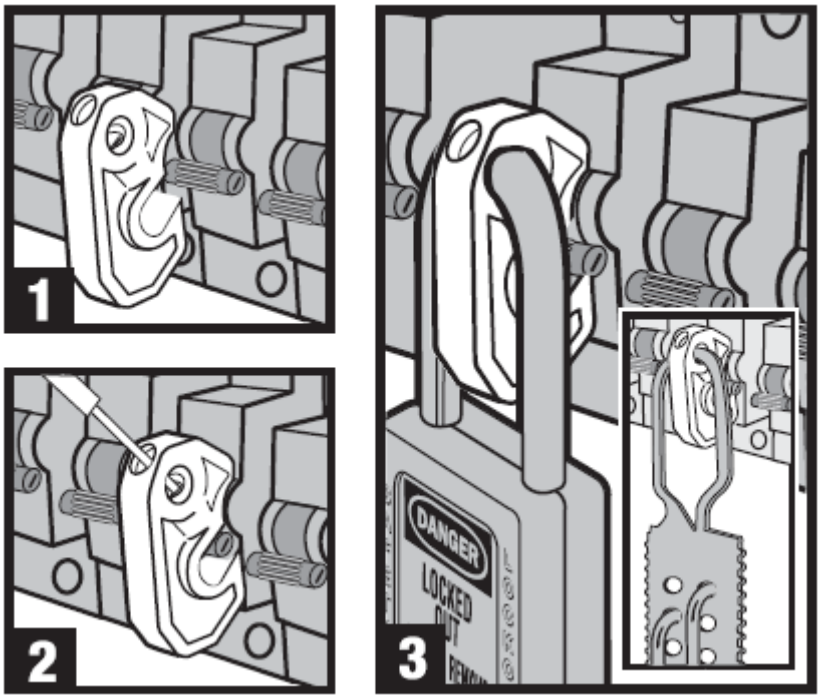


Figura 36: Bloqueadores para interruptores magnetotérmicos, de tornillo, proceso de colocación

Figura 37: Bloqueadores para interruptores magnetotérmicos, con orificios

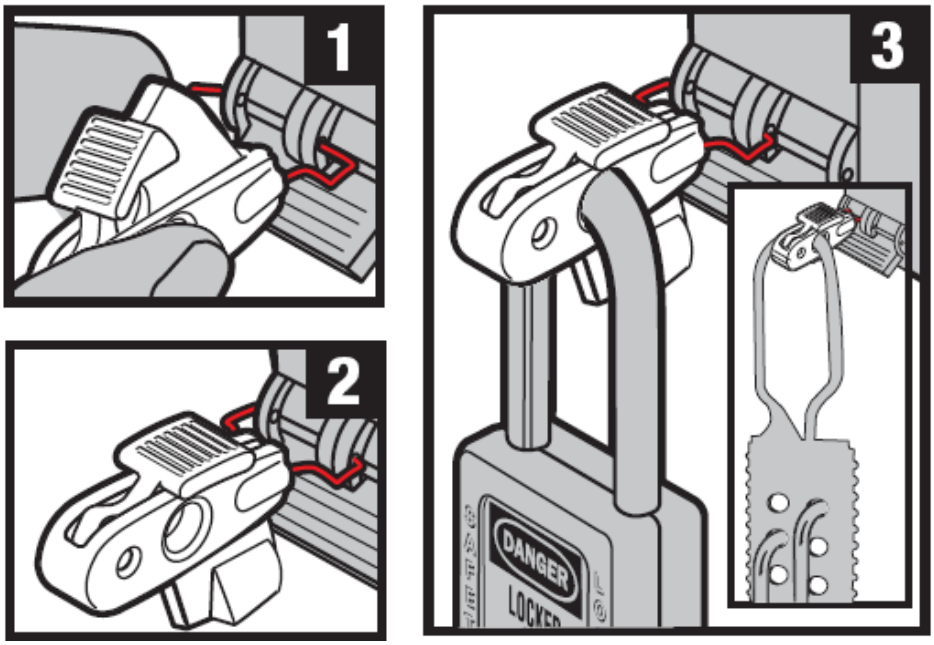


Figura 38: Bloqueadores para interruptores magnetotérmicos, con orificios, proceso de colocación

17.9 BLOQUEADORES PARA ENCHUFES ELÉCTRICOS

Los bloqueadores para enchufes eléctricos (Figura 39) son los dispositivos que rodean el enchufe eléctrico protegiéndolo de una reconexión accidental. Dispone de etiquetas de seguridad permanentes y muy visibles.

Figura 39: Bloqueadores para enchufes eléctricos

17.10 FUNDAS PARA CONTROL DEL MANDO DEL POLIPASTO O ENCHUFES GRANDES

Las fundas para control del mando del polipasto o enchufes grandes (Figura 40) bloquean eficazmente los controles y los conectores eléctricos grandes de todos los tamaños. El saco de bloqueo ofrece soluciones para una amplia gama de aplicaciones. Se puede insertar un tubo de PVC para impedir el acceso a los botones de control del mando.

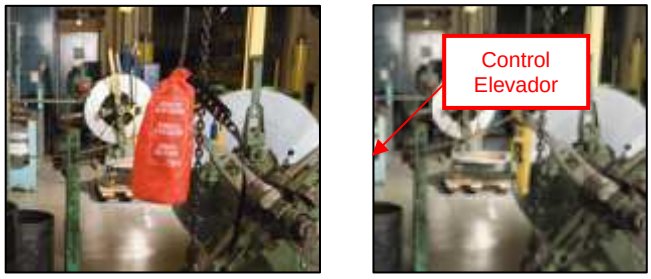


Figura 40: Fundas para control del mando del polipasto o enchufes grandes.

17.11 BLOQUEADORES NEUMÁTICOS

Los bloqueadores neumáticos (Figura 41) impiden la conexión de una boquilla a una fuente de aire presurizado. Se adaptan prácticamente a todas las boquillas neumáticas.

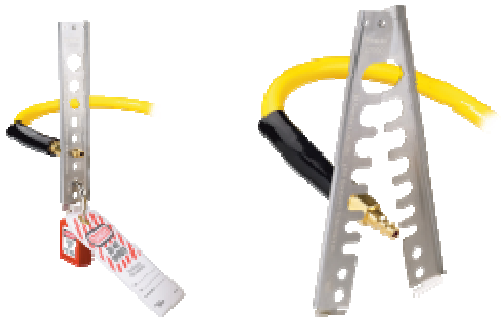


Figura 41: Bloqueadores neumáticos

17.12 FUNDAS PARA VOLANTES

Las fundas para volantes (Figura 42) proporcionan un disuasivo visual de advertencia para evitar usar el vehículo mientras permanece en trabajos de mantenimiento. Para aumentar la seguridad, puede utilizarse un cable de bloqueo de seguridad colocándolo alrededor del volante y los pedales.

Figura 42: Fundas para volantes

17.13 BLOQUEO CON CABLES AJUSTABLES

El bloqueo con cables ajustables (Figura 43) es un cable ajustable que consigue un ajuste seguro. Puede emplearse en bloqueo de paneles múltiples disyuntores y válvulas de compuerta situadas una al lado de la otra.

Se pasa el extremo del cable por los puntos que quiere bloquear y luego a través del cuerpo del bloqueador. Hay que tirar del cable para que quede bien ajustado usando el dispositivo de bloqueo.

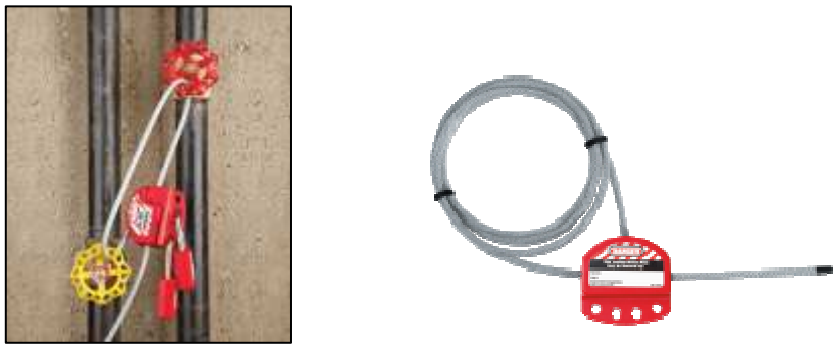


Figura 43: Bloqueo con cables ajustables

17.14 CAJAS DE ACERO PARA BLOQUEO GRUPAL Y KIT DE BLOQUEO PERSONALES Y PARA GRUPOS

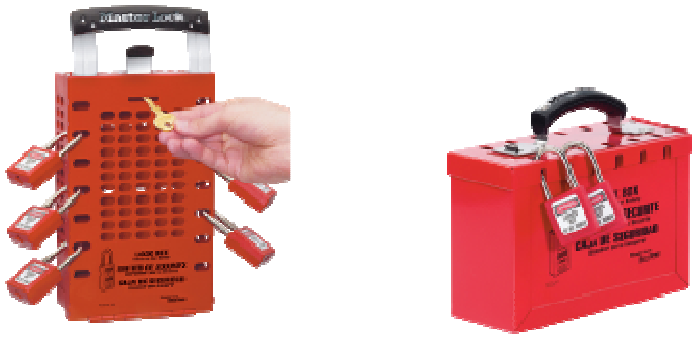


Figura 44: Cajas de acero para bloqueo grupal

Figura 45: Kit de bloqueos personales y para grupos

17.15 ESTACIONES DE CANDADOS

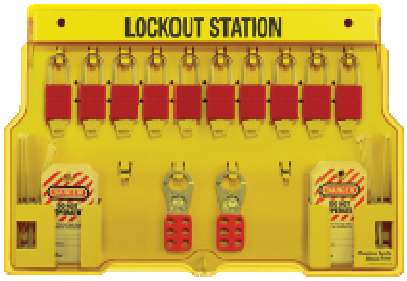


Figura 46: Estaciones de candados

CAPÍTULO II

CONSIGNACIÓN, CASOS PRÁCTICOS DEL SECTOR EÓLICO

18 CONMUTACIÓN DE CELDAS DE MEDIA TENSIÓN (CORTESÍA DE MTOI)

.

4.4.18 CONMUTACION DE LAS CELDAS DE MEDIA TENSION

RIESGOS	NORMAS DE SEGURIDAD
• Caídas de operarios al mismo nivel • Caídas de operarios a distinto nivel • Caídas de objetos sobre operarios • Caídas de materiales transportados • Choques o golpes contra objetos • Atrapamientos y aplastamientos por partes móviles de maquinaria • Lesiones y/o cortes en manos y pies • Sobreesfuerzos • Cortes • Condiciones meteorológicas adversas • Derivados acceso al lugar de trabajo • Fuego • Electrocución	• La velocidad de viento máxima no debe ser superior a 25 m/s durante tareas de mantenimiento en la torre. • La velocidad de viento máxima no debe ser superior a 16 m/s durante tareas de mantenimiento en el yaw. • La velocidad de viento máxima no debe ser superior a 10 m/s durante tareas de mantenimiento en el gondola y buje. • Los trabajos serán realizados por trabajadores autorizados siguiendo un procedimiento previamente estudiado y, cuando su complejidad o novedad lo requiera, ensayando sin tensión. Los trabajos en donde la comunicación sea difícil, por su orografía deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios. • Antes de la abertura de tapas de elementos eléctricos de bajo voltaje, debes asegurarte de que no haya corriente. • La zona de trabajo deberá señalizarse y/o delimitarse adecuadamente, siempre que exista la posibilidad de que otros trabajadores o personas ajenas penetren en dicha zona y accedan a elementos en tensión. • El método de trabajo empleado y los equipos y materiales utilizados deberán asegurar la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico: • Accesorios aislantes para el recubrimiento de partes activas o masas • Útiles aislantes o aislados. • Pértigas aislantes • Dispositivos aislantes o aisladas

EPI´s	Los equipos y materiales requeridos se elegirán en función de las características del trabajo y de los trabajadores, manteniéndose y revisándose siguiendo las instrucciones de su fabricante.
	Los trabajadores deberán utilizar un apoyo sólido y estable, que les permita tener las manos libres, y de una iluminación adecuada a su trabajo.
	Los trabajadores no llevarán objetos conductores, tales como pulseras, relojes, cadenas, pendientes o cierres de cremalleras metálicos que puedan contactar con elementos en tensión.
	Los trabajos en instalaciones interiores directamente conectadas a líneas aéreas deberán interrumpirse en caso de tormenta.
	Las medidas preventivas para la realización de trabajos al aire libre deberán tener en cuenta las posibles condiciones ambientales desfavorables, de forma que el trabajador quede protegido en todo momento. Los trabajos se prohibirán o suspenderán en caso de tormenta, lluvia o viento fuerte, nevadas, o cualquier otra condición ambiental desfavorable que dificulte la visibilidad, o la manipulación de las herramientas.

PROTECCION PERSONAL	Casco de seguridad	Guantes
	Calzado de seguridad	Arnés

Esta operación será necesaria para acceder al transformador de potencia del aerogenerador, de 2000 KVAs (20 KV – 690 V) y al transformador auxiliar de 100 KVAs (690 V – 400 V).

A continuación se muestra una figura con los dispositivos de operación involucrados:

ATENCION
Antes de realizar ningún tipo de maniobra, es aconsejable comprobar el gas SF6 mediante el manómetro (3)

1.- Mando del interruptor – seccionador línea.

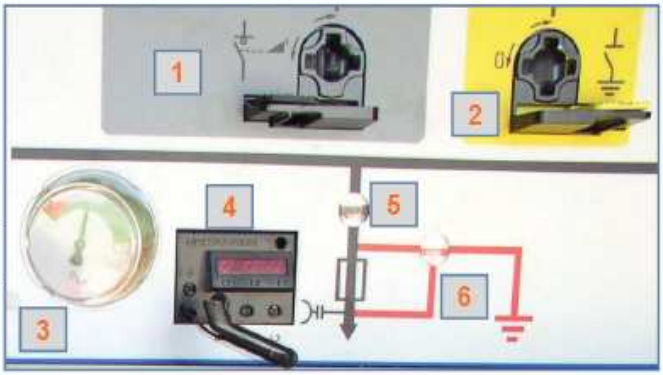
2.- Mando del seccionador puesta a tierra.

3.- Manómetro SF6.

4.- Indicador luminoso ekorVPIS

5.- Diagnostico de visualización interruptor – seccionador línea

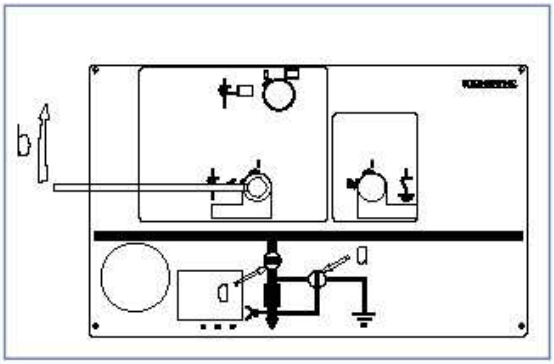
6.- Diagnostico de visualización seccionador puesta a tierra.



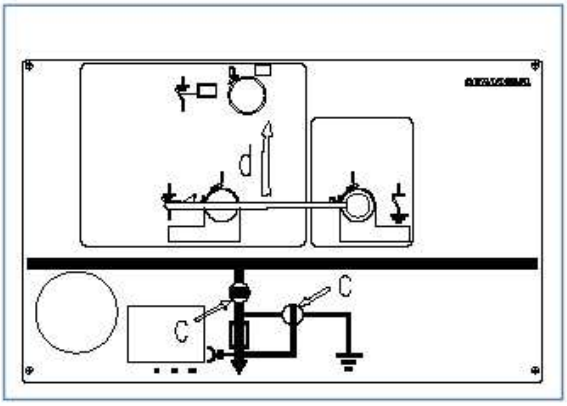
CONEXION DEL TRANSFORMADOR DE 2000 KVA:

Seccionador de puesta a tierra:

1 - Partiendo de la condición inicial del seccionador de puesta a tierra cerrado e interruptor abierto (a).



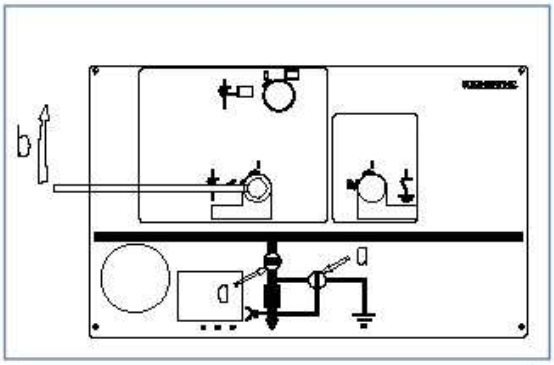
2 - Abrir el seccionador de puesta a tierra. Para ello mover la palanca en el sentido de giro que se indica (b).



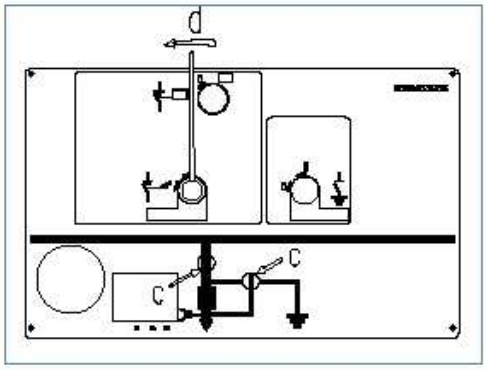
3 - Verificar en el diagnostico de visualización el indicador de apertura del seccionador de puesta a tierra (c).

Interruptor - Seccionador:

1 - Partiendo de la condición inicial del interruptor y seccionador a tierra abiertos (a)



2 - Cerrar el seccionador de puesta a tierra. Para ello mover la palanca en el sentido de giro que se indica (b).



3 - Verificar que el indicador del interruptor está cerrado (c).

4 - Verficar que hay tensión.

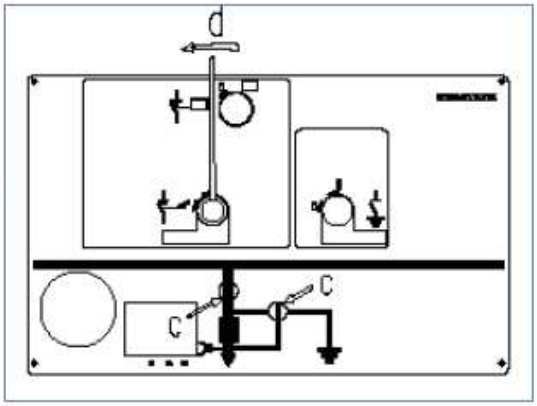
Para ello observar si parpadean los indicadores ekorVPIS de cada celda. El sistema presenta las siguientes indicaciones.

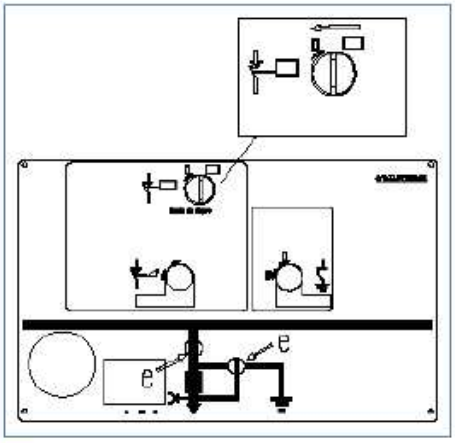
L1, L2, L3: señalan cada una de las fases del indicador. La numeración corresponde con el orden de las fases, de izquierda a la derecha, vistas desde el frente de la celda. La iluminación intermitente corresponde con la presencia de tensión en dicha fase.

DESCONEXION DEL TRANSFORMADOR DE 2000 KVA:

Interruptor - Seccionador:

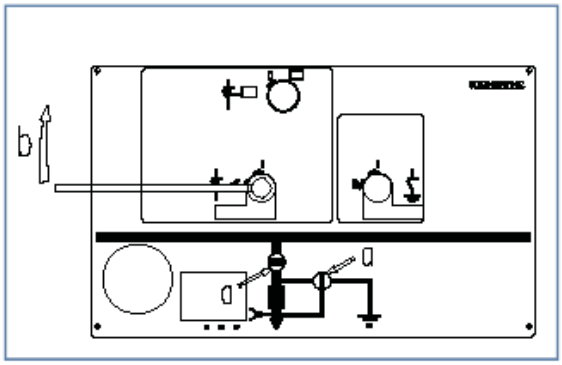
1 - Partiendo de la condición inicial del seccionador de puesta a tierra abiert e interruptor cerrado (c).





2 - Abrir el interruptor – seccionador mediante el interruptor automático girando hacia la posición 0.

3 - Verificar que el indicador del interruptor está cerrado (a).

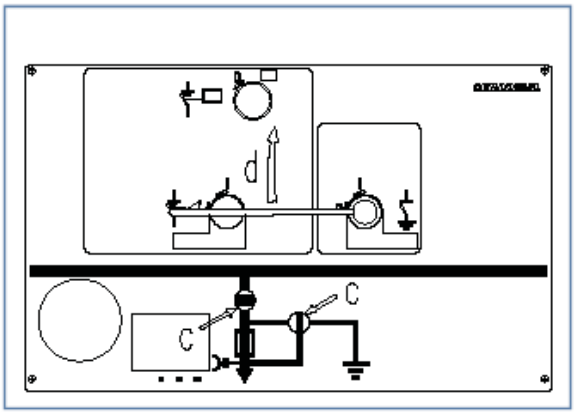


4 - Verficar que hay tensión.

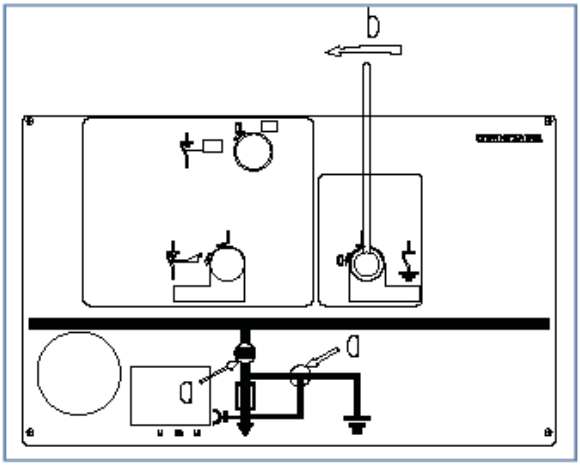
Para ello observar si parpadean los indicadores ekorVPIS de cada celda.

Seccionador de puesta a tierra:

1 - Partiendo de la condición inicial del seccionador de puesta a tierra abierto e interruptor abierto (a).



2 - Cerrar el seccionador de puesta a tierra. Para ello mover la palanca en el sentido de giro que se indica (b).



3 - Verificar en el diagnostico de visualización el indicador de apertura del seccionador de puesta a tierra (c).

4 - Una vez realizado esto tendremos la llave para acceder al transformador de 2000 y al transformador auxiliar.

19 BLOQUEO DEL ROTOR (CORTESÍA DE MTOI)

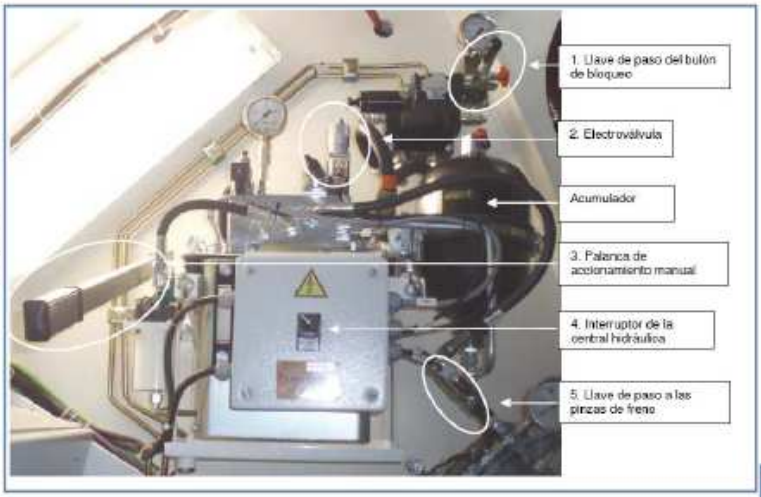
4.4.6 BLOQUEO DE ROTOR

RIESGOS	NORMAS DE SEGURIDAD
• Caídas de operarios al mismo nivel • Caídas de operarios a distinto nivel • Caídas de objetos sobre operarios • Caídas de materiales transportados • Choques o golpes contra objetos • Atrapamientos y aplastamientos por partes móviles de maquinaria • Lesiones y/o cortes en manos y pies • Sobreesfuerzos • Cortes • Condiciones meteorológicas adversas • Derivados acceso al lugar de trabajo • Fuego • Electrocución	• La velocidad de viento máxima no debe ser superior a 25 m/s durante tareas de mantenimiento en la torre. • La velocidad de viento máxima no debe ser superior a 16 m/s durante tareas de mantenimiento en el yaw. • La velocidad de viento máxima no debe ser superior a 10 m/s durante tareas de mantenimiento en el gondola y buje. • Los trabajos serán realizados por trabajadores autorizados siguiendo un procedimiento previamente estudiado y, cuando su complejidad o novedad lo requiera, ensayando sin tensión. Los trabajos en donde la comunicación sea difícil, por su orografía deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios. • Antes de la abertura de tapas de elementos eléctricos de bajo voltaje, debes asegurarte de que no haya corriente. • La zona de trabajo deberá señalizarse y/o delimitarse adecuadamente, siempre que exista la posibilidad de que otros trabajadores o personas ajenas penetren en dicha zona y accedan a elementos en tensión. • El método de trabajo empleado y los equipos y materiales utilizados deberán asegurar la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico: • Accesorios aislantes para el recubrimiento de partes activas o masas • Útiles aislantes o aislados. • Pértigas aislantes • Dispositivos aislantes o aisladas

EPI´s	Los equipos y materiales requeridos se elegirán en función de las características del trabajo y de los trabajadores, manteniéndose y revisándose siguiendo las instrucciones de su fabricante.
	Los trabajadores deberán utilizar un apoyo sólido y estable, que les permita tener las manos libres, y de una iluminación adecuada a su trabajo.
	Los trabajadores no llevarán objetos conductores, tales como pulseras, relojes, cadenas, pendientes o cierres de cremalleras metálicos que puedan contactar con elementos en tensión.
	Los trabajos en instalaciones interiores directamente conectadas a líneas aéreas deberán interrumpirse en caso de tormenta.
	Las medidas preventivas para la realización de trabajos al aire libre deberán tener en cuenta las posibles condiciones ambientales desfavorables, de forma que el trabajador quede protegido en todo momento. Los trabajos se prohibirán o suspenderán en caso de tormenta, lluvia o viento fuerte, nevadas, o cualquier otra condición ambiental desfavorable que dificulte la visibilidad, o la manipulación de las herramientas.

PROTECCION PERSONAL		
	Casco de seguridad	Guantes
	Calzado de seguridad	Arnés

Deben observarse las limitaciones de velocidad de viento máximo para la permanencia en la góndola del aerogenerador.



(1) Llave de paso del bulón de bloqueo:

Controla el movimiento del bulón de bloqueo.

Tiene tres posibles posiciones: Bloqueo, neutra y desbloqueo (Figura 2).

Al posicionar la llave en la posición de bloqueo, y accionar la bomba, el bulón irá saliendo y se alojará en el casquillo del rotor hasta que haga tope. En ese momento, empezará a aumentar la presión que queda indicada con el manómetro del circuito del bulón de bloqueo. Con la llave en la posición neutra, no hay accionamiento del bulón en ningún sentido.

En desbloqueo, la central retira el bulón del alojamiento del rotor hasta el alojamiento de la carcasa y queda indicada la presión cuando llega la final de carrera tal y como se hace en el bloqueo.

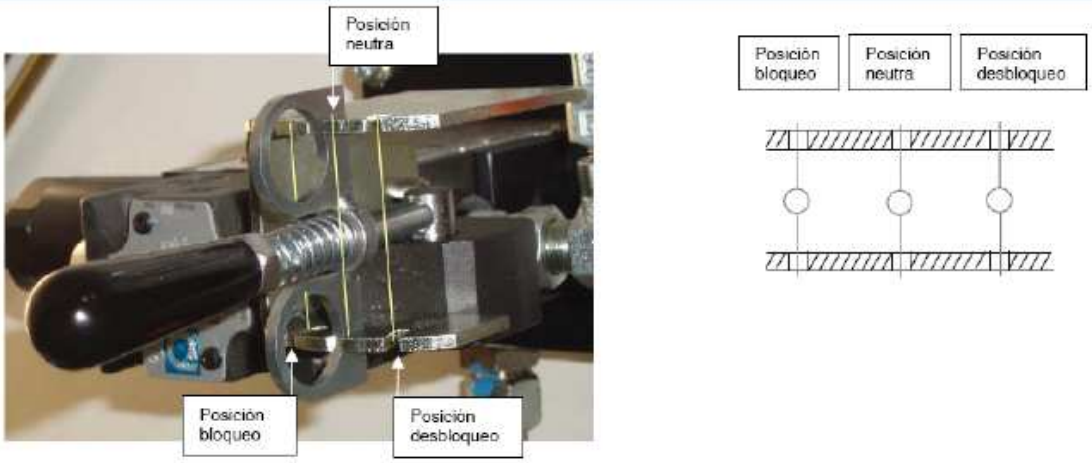


Figura 2: Posiciones de la llave de paso del bulón de bloqueo

(2) Electroválvula:

Abre y cierra el paso de aceite desde el acumulador de la central a las pinzas. En funcionamiento normal en campa, está controlada desde la central y es abierta cuando es necesario dar presión a las pinzas. Capota y pasador.

(3) Palanca de accionamiento manual:

En ausencia de conexión eléctrica, la carga del acumulador de la central se hace accionando repetidamente arriba y abajo la palanca.

(4) Interruptor de la central hidráulica:

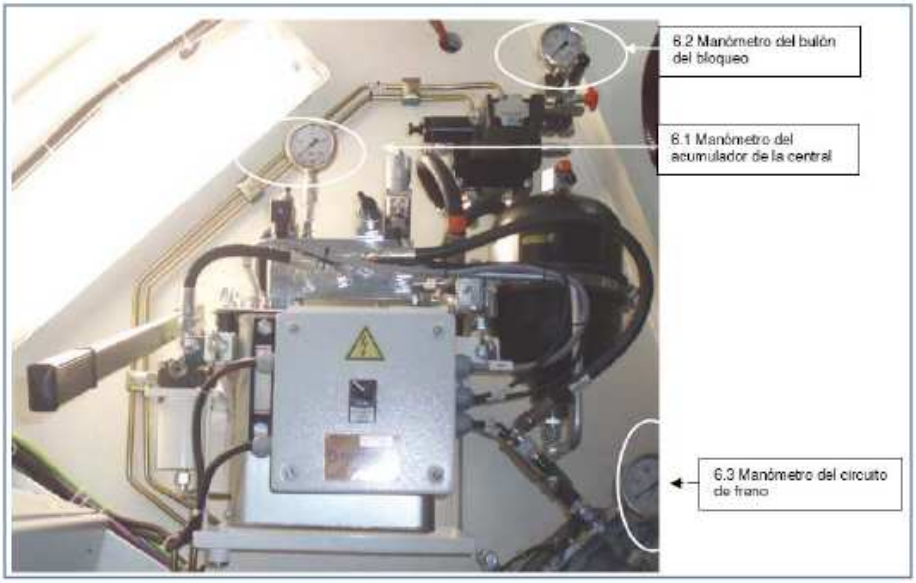
Activa y desactiva la central hidráulica.

(5) Llave de paso a las pinzas de freno:

Aisla el circuito de las pinzas de freno del resto del sistema. Tiene dos posiciones:

Manómetros:

El sistema hidráulico consta de tres manómetros, uno en cada circuito del sistema: El del acumulador de la central hidráulica (6.1), el del bulón de bloqueo (6.2) y el de las pinzas de freno (6.3).



LISTA DE OPERACIONES A REALIZAR:

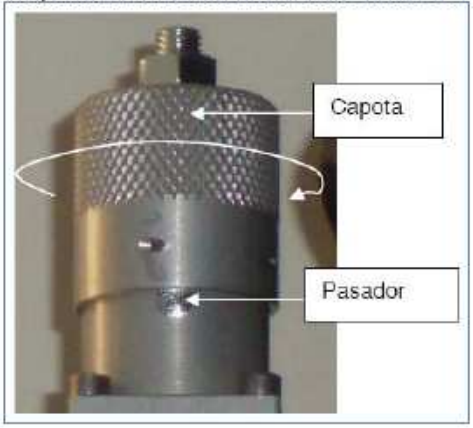
BLOQUEO	DESBLOQUEO
Paso 1. Bloquear el rotor y activar las pinzas de freno.	Paso 1. Cerrar el switch de mantenimiento en la pala seleccionada.
Paso 2. Desconectar el conector X3 del colector.	Paso 2. Mover las palas manualmente desde el buje como se indica en el Manual de Operaciones 9.3 sección 4.4.9 hacia el ángulo de pitch seleccionado.
Step 3. Conectar el cable auxiliar ref.2753431 entre los dos extremos del conector X3.	Paso 3. Cerrar los contactores de lasbaterías (para la pala seleccionada).
Paso 4. Abrir las baterías de los contactores (para la pala seleccionada)	Repetir pasos 1 a 3 fpara las otras dos palas.
Paso 5. Mover las palas manualmente desde el buje como se indica en el Manual de Operaciones 9.3 sección 4.4.9 hacia el ángulo de pitch seleccionado.	Paso 4. Desconectar el cable auxiliar entre los dos extremos del conector X3.
Paso 6. Cuando estén las palas en su posición, abrir el switch de mantenimiento para la pala seleccionada.	Paso 5. Conectar el coenctor X3 en el colector.
Repetir pasos 4 a 6 para las otras dos palas.	Paso 6.Desactivar las pinzas de freno y el bloqueo de rotor.

Selected Pitch Angle depending on blade:
Ia (LM34.0P3): -9º
IIa (AB37): -3.75º
IIIa (AERODYN 40.3): 90º
IIIb (LM40.3P): 0º

INFORMACION ADICIONAL: ACCIONAMIENTO MANUAL DEL BULÓN DE BLOQUEO

DESBLOQUEO	BLOQUEO
1) Llave de paso del bulón de bloqueo (1) en posición "Desbloqueo": Posición derecha de la llave de paso.	1) Llave de paso del bulón de bloqueo (1) en posición "Bloqueo". Posición izquierda de la llave de paso.
2) Dar presión mediante el manipulador manual de la bomba (3).	2) Dar presión mediante el manipulador manual de la bomba (3).
3) Cuando el bulón llega al tope del alojamiento de la carcasa, la presión empieza a aumentar. Bombear hasta que el manómetro 6.2 indique presión.	3) Cuando el bulón llega al tope del alojamiento del rotor, la presión empieza a aumentar. Bombar hasta que el manómetro 6.2 indique presión.
	4) Roscar manualmente el bulón de antirretorno mecánico hasta hacer tope.

INFORMACION ADICIONAL: ACCIONAMIENTO MANUAL DE LAS PINZAS DE FRENO

DESBLOQUEO	BLOQUEO
1) Abrir la llave de paso del circuito de las pinzas (4)	1) Abrir la llave de paso del circuito de las pinzas (4)
	2) Accionar manualmente la electroválvula - Roscar a mano la capota hasta el pasador. - Meter el pasador y seguir roscando hasta hacer el tope de la rosca (En esta posición se abre manualmente la electroválvula). 
	3) Abrir la llave de paso a las pinzas y bombear manualmente hasta que el manómetro 6.3 indique la presión adecuada (200 bar).
	4) Cerrar la llave de paso..
	5) Subir la capota hasta la posición de normal funcionamiento, con la rosca por encima del pasador sin tocarlo.

4.4.7 ROTOR NO BLOQUEADO

Verificar en las palabras de estado "I/O NACELLE (1, entradas)" (detallado en el siguiente apartado) los siguientes valores:

- Señal bloqueo hidraulico del rotor (valor superior a 1 = no bloqueado)
- Señal de posición del bulón en el disco de freno (valor inferior a 0 = bloqueado)

20 BIBLIOGRAFÍA

- Procedimientos de consignación de instalaciones y equipos del INSHT
- NTP 52. Consignación de máquinas
- Guía para la aplicación de la Nueva Directiva de Máquinas 2006/42/ce
- Guía aplicación RD 614/2001, Riesgo Eléctrico
- Guía aplicación RD 1215/1997 Equipos de trabajo
- Recognition of ANSI/ASSE Z244.1-2003 "Control of Hazardous Energy - Lockout/Tagout and Alternative Methods" consensus standard. (2004, November 10).
- Printing Industry: Lock Out/Tag Out and the essential elements of the inch-safe-service technique. .
- Clarification of "authorized" and "affected" employees and proper energy control procedures.
- Color is not the only prescribed factor for the standardization of LOTO devices.
- Use of verification tags for lockout.