

GUÍA PARA EL MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PARQUES EÓLICOS MARINOS OFFSHORE





GUÍA PARA EL MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PARQUES EÓLICOS MARINOS OFFSHORE





Todos los derechos reservados.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y sgts. Código Penal).

© ZONA EÓLICA CANARIA S.A.
Calle Veintinueve de Abril, Nº 30 Bajo
T.M. de Las Palmas de Gran Canaria
35007 – Las Palmas
España
ISBN- 978-84-617-7391-6

Nota sobre enlaces a páginas webs ajenas: este libro puede contener enlaces a sitios webs gestionados por terceros y ajenos a ZONA EÓLICA CANARIA S.A., que se incluyen solo con la finalidad informativa. ZONA EÓLICA CANARIA S.A. no asume ningún tipo de responsabilidad por los daños y perjuicios derivados del uso de los datos personales que pueda hacer un tercero encargado del mantenimiento de las páginas web ajenas a ZONA EÓLICA CANARIA S.A. y del funcionamiento, accesibilidad o mantenimiento de los sitios web no gestionados por ZONA EÓLICA CANARIA S.A. Las referencias se proporcionan en el estado en el que se encuentran en la fase de redacción y publicación sin garantías, expresas o implícitas, sobre la información que se faciliten en las mismas.

2017



ÍNDICE

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	14
1. INTRODUCCIÓN.....	17
2. CONFIGURACIÓN BÁSICA DE UN PARQUE EÓLICO MARINO	20
3. TIPOS Y MODELOS DE MANTENIMIENTOS	24
4. TÉCNICAS DE ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	31
5. CATEGORÍAS DE MANTENIMIENTO Y ESTRATEGIAS DE REPARACIÓN.....	33
6. ESQUEMA DE UNIDADES DE TRABAJO A CONTRATAR	38
6.1. Logística en tierra.....	38
6.2. Barcos de trabajo.....	39
6.3. Aviación.....	40
6.4. Servicios de barcos grúa	41
6.5. Alojamiento / Base en alta mar.....	42
6.6. Mantenimiento de los aerogeneradores.....	43
6.7. Piezas de repuestos de los aerogeneradores.....	44
6.8. Mantenimiento subestación en alta mar.....	45
6.9. Inspecciones y reparaciones en cable de evacuación.....	46
6.10. Material eléctrico en tierra.....	48
6.11. Reparaciones de la cimentación.....	49
6.12. Revisiones de los equipos de elevación, escalada y seguridad.....	49
6.13. SCADA y monitoreo de estado.....	50
6.14. SAP y Coordinación marítima.....	51
6.15. Pronóstico del tiempo.....	52
6.16. Administración.....	52
7. PUERTOS Y LOGÍSTICA TERRESTRE.....	54
7.1. Características Generales.....	54
7.2. Logística en tierra.....	54
7.2.1. Camiones.....	54
7.2.2. Trenes.....	55



7.2.3.	Grúas.....	56
8.	LOGÍSTICA MARINA.....	59
8.1.	Tipos de embarcaciones.....	59
8.2.	Vehículos instaladores de cableado.....	61
8.2.1.	Barcos.....	61
8.2.2.	ROV's y herramientas.....	61
8.3.	Acceso	62
8.3.1.	Aire.....	62
8.3.2.	Mar.....	63
8.3.3.	Subestaciones Marinas.....	65
9.	CLASIFICACIÓN DE RIESGOS LABORALES EN PARQUES EÓLICOS OFFSHORE.....	67
9.1.	Riesgo eléctrico.....	68
9.2.	Riesgos asociados a incendio de aerogenerador.....	70
9.3.	Riesgo mecánico, atrapamiento y golpes.....	78
9.4.	Riesgos asociados durante la realización de trabajos en alturas y verticales. Caída de trabajador al mar y rescate de emergencia.....	81
9.5.	Riesgos asociados al traslado de trabajadores hasta la plataforma del aerogenerador (embarcación y helicóptero).....	83
9.6.	Riesgo asociado al descenso de emergencia desde aerogenerador offshore.....	84
9.7.	Riesgos asociados a la meteorología.....	86
9.8.	Anexo: procedimiento de evaluación de riesgos.....	87
10.	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL, EPIS: MPPRL I.....	91
10.1.	Elección de EPI.....	91
10.2.	Sistemas líneas de anclaje.....	92
10.3.	Líneas de vida fijas.....	92
10.4.	Dispositivos y equipos de seguridad.....	94
10.5.	Verificaciones mínimas antes de iniciar un trabajo.....	100
10.6.	Conservación y mantenimiento.....	101
10.7.	Revisiones periódicas.....	101
10.8.	Utilización E.P.I.....	102



11. SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTOS. MPPRL (Manual de Procedimientos de Prevención de Riesgos Laborales).....	104
12. INSTRUCCIONES DE TRABAJO.....	112
12.1. Uso del descensor de emergencia.....	112
12.2. Acceso sin línea de vida al aerogenerador.....	112
12.3. Estancia en la góndola.....	112
12.4. Acceso a la capota.....	113
12.5. Acceso al buje.....	113
12.6. Uso del polipasto.....	114
13. NORMAS BÁSICAS A CUMPLIR CON HERRAMIENTAS MANUALES Y MÁQUINAS PORTÁTILES.....	116
14. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE PARQUES EÓLICOS MARINOS (OFFSHORE).....	118
15. NORMATIVA UTILIZADA, DOCUMENTOS DE CONSULTA.....	125
16. RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS.....	127



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 CONFIGURACIÓN BÁSICA DE UN PARQUE EÓLICO MARINO.....	20
ILUSTRACIÓN 2 ORGANIZACIÓN JERÁRQUICA.....	31
ILUSTRACIÓN 3 LABORES DE MANTENIMIENTO EN ALTA MAR.....	33
ILUSTRACIÓN 4 MANTENIMIENTO MC2, PEQUEÑAS SUSTITUCIONES.....	35
ILUSTRACIÓN 5 MANTENIMIENTO MC3, SUSTITUCIÓN DE PIEZAS GRANDES.....	36
ILUSTRACIÓN 6 PAQUETES DE CONTRATOS Y SUS ACTORES CLAVE.....	36
ILUSTRACIÓN 7 BASE PORTUARIA.....	38
ILUSTRACIÓN 8 FLOATELS O JACK UP.....	39
ILUSTRACIÓN 9 SWATH, BARCO PARA MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN. EÓLICA MARINA.....	40
ILUSTRACIÓN 10 BARCAZA GRÚA UBICANDO AEROGENERADOR.....	42
ILUSTRACIÓN 11 FLOATELS CON SISTEMA AMPELMANN.....	43
ILUSTRACIÓN 12 LABORES DE MANTENIMIENTO EN ALTURA.....	44
ILUSTRACIÓN 13 SUBESTACIÓN MARINA (OFFSHORE).....	46
ILUSTRACIÓN 14 COLCHÓN DE BLOQUES ARTICULADOS.....	47
ILUSTRACIÓN 15 BARCO DE INSTALACIÓN DE CABLE SUBMARINO.....	48
ILUSTRACIÓN 16 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN, SCADA.....	51
ILUSTRACIÓN 17 CAMIÓN TELE PX SUPER WING CARRIER.....	55
ILUSTRACIÓN 18 IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS PARA EL TRANSPORTE DE PALAS EN FERROCARRIL.....	56
ILUSTRACIÓN 19 GRUPO DE GRÚAS REALIZANDO MONTAJE DE PARQUE EÓLICO EN TIERRA.....	57
ILUSTRACIÓN 20 MODELO DE GRÚA TELESCÓPICA.....	57
ILUSTRACIÓN 21 MODELO DE GRÚA DE CELOSÍA SOBRE CADENAS.....	57
ILUSTRACIÓN 22 MODELO DE GRÚA DE CELOSÍA SOBRE NEUMÁTICOS.....	57
ILUSTRACIÓN 23 BUQUE PARA MONTAJE DE PARQUES EÓLICOS MARINOS, MPI OFFSHORE.....	60
ILUSTRACIÓN 24 BUQUE A2SEA. REALIZANDO MONTAJE EN ALTA MAR.....	60
ILUSTRACIÓN 25 BARCOS PARA INSTALACIONES DE CABLEADO SUBMARINO.....	61
ILUSTRACIÓN 26 ROV (REMOTE OPERATED VEHICLE), VEHÍCULO OPERADO A DISTANCIA.....	61
ILUSTRACIÓN 27 PRINCIPALES SISTEMAS DE ACCESO.....	62
ILUSTRACIÓN 28 DESEMBARCO DE EQUIPO DE MANTENIMIENTO EN LA GÓNDOLA DEL AEROGENERADOR.....	62
ILUSTRACIÓN 29 ACCESOS, PARTE INFERIOR AEROGENERADOR MARINO.....	63



ILUSTRACIÓN 30 TIPOS DE EMBARCACIONES DE ACCESO.....	63
ILUSTRACIÓN 31 ACCESO MEDIANTE SISTEMA AMPELMANN.....	64
ILUSTRACIÓN 32 EMBARCACIÓN CON SISTEMA NO COMPENSADO.....	65
ILUSTRACIÓN 33 MARCADOS DE GUANTES AISLANTES DE PROTECCIÓN.....	68
ILUSTRACIÓN 34 MODELO DE EXTINCIÓN POR GAS.....	71
ILUSTRACIÓN 35 DEPÓSITO Y VÁLVULAS DE UN SISTEMA DE EXTINCIÓN POR ESPUMA.....	73
ILUSTRACIÓN 36 FUEGO POR ENCIMA O AL MISMO NIVEL DEL TRABAJADOR EN AEROGENERADORES OFFSHORE.....	75
ILUSTRACIÓN 37 FUEGO EN GÓNDOLA CON OPERARIO.....	76
ILUSTRACIÓN 38 FUEGO POR DEBAJO DEL TRABAJADOR.....	77
ILUSTRACIÓN 39 RIESGO DE AHOGAMIENTO EN PARQUE EÓLICO MARINO.....	82
ILUSTRACIÓN 40 TRANSFERENCIA DEL PERSONAL DE BARCO AL AEROGENERADOR.....	82
ILUSTRACIÓN 41 CHALECO ARNÉS.....	84
ILUSTRACIÓN 42 DISTINTAS TIPOLOGÍAS DE PLATAFORMAS EXTERIORES EN BASE EN AEROGENERADORES OFFSHORE.....	85
ILUSTRACIÓN 43 BALSA DE SUPERVIVENCIA.....	85
ILUSTRACIÓN 44 LÍNEAS DE VIDAS FIJAS. RAÍL GALVANIZADO, CABLE METÁLICO Y ESCALERA METÁLICA.....	93
ILUSTRACIÓN 45 ARNÉS ANTI CAÍDAS. ANTEC ENERGY PREMIUM.....	94
ILUSTRACIÓN 46 ARNÉS ANTI CAÍDAS CON CHAQUETA V53 OFFSHORE.....	95
ILUSTRACIÓN 47 DISPOSITIVO ANTICAÍDAS DESLIZANTE. DE ACERO.....	95
ILUSTRACIÓN 48 CONJUNTO DE DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN ANTI-CAÍDAS.....	96
ILUSTRACIÓN 49 POSICIONADOR O CUERDA DE ANCLAJE.....	97
ILUSTRACIÓN 50 CASCO DE SEGURIDAD.....	97
ILUSTRACIÓN 51 MOSQUETONES Y GANCHOS.....	98
ILUSTRACIÓN 52 ESQUEMA DE ELEMENTOS BÁSICOS PARA RIESGO EN ALTURA.....	98
ILUSTRACIÓN 53 CALZADO DE SEGURIDAD.....	99
ILUSTRACIÓN 54 GUANTES DE PROTECCIÓN Y ANTIDESLIZAMIENTO.....	99
ILUSTRACIÓN 55 ROPA DE TRABAJO DE SEGURIDAD.....	100
ILUSTRACIÓN 56 OPERARIO, PARTE SUPERIOR GÓNDOLA DEL AEROGENERADOR.....	113
ILUSTRACIÓN 57 POLIPASTO ELÉCTRICO.....	114
ILUSTRACIÓN 58 MANTENIMIENTO TRIMESTRAL.....	123



ILUSTRACIÓN 59 MANTENIMIENTO SEMESTRAL.....123

ILUSTRACIÓN 59 MANTENIMIENTO ANUAL.....123

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 CLASIFICACIÓN DE RIESGOS LABORALES EN PARQUES EÓLICOS MARINOS.....67

TABLA 2 CLASES DE PROTECCIÓN DEL GUANTE.....69

TABLA 3 VALORACIÓN DE SITUACIONES DE RIESGO ELÉCTRICO.....69

TABLA 4 RIESGO DE INCENDIO EN AEROGENERADOR.....70

TABLA 5 RIESGOS MECÁNICOS, ATRAPAMIENTO Y GOLPES.....78

TABLA 6 RIESGOS ASOCIADOS DURANTE LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS EN ALTURAS Y VERTICALES.....81

TABLA 7 RIESGOS ASOCIADOS A LA METEOROLOGÍA.....86

TABLA 8 PROBABILIDAD QUE SE PRODUZCA TODA LA SECUENCIA DEL ACCIDENTE.....87

TABLA 9 SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS.....88

TABLA 10 PRIORIDAD EN LA ACTUACIÓN ANTE EL PELIGRO.....88

TABLA 11 PROBABILIDAD Y CONSECUENCIA DEL PELIGRO.....89

TABLA 12 COLORES DE SEGURIDAD.....106

TABLA 13 SEÑALES DE ADVERTENCIA.....106

TABLA 14 SEÑALES DE PROHIBICIÓN.....107

TABLA 15 SEÑALES DE SEGURIDAD.....107

TABLA 16 SEÑALES DE SEGURIDAD.....108

TABLA 17 SEÑALES DE OBLIGACIÓN.....109

TABLA 18 MANTENIMIENTO 001.....118

TABLA 19 MANTENIMIENTO 002.....119

TABLA 20 MANTENIMIENTO 003.....120

TABLA 21 MANTENIMIENTO 004.....121

TABLA 22 MANTENIMIENTO 005.....122





GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES



GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES

A

Alabeo:

Deformación de una superficie plana de cualquier material, por acción del calor, humedad, etc., de manera que no pueda coincidir con un plano.

Aparellaje:

Conjunto de aparatos y accesorios dispuestos para un uso preferentemente industrial.

C

Confiabilidad:

Se define como la probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado período de tiempo, bajo unas condiciones de operación previamente establecidas.

Criticidad:

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

D

Dársena:

Parte resguardada artificialmente de las corrientes, en un puerto o en aguas navegables, para que las embarcaciones puedan fondear o cargar y descargar con comodidad.

F

Ferrograrías:

Técnica que permite el análisis de la concentración, el tamaño, la forma y la procedencia de las partículas metálicas presentes en el aceite.

Fibra de vidrio:

Filamento continuo o discontinuo, obtenido mediante estiramiento de vidrio fundido, que se emplea como aislante térmico o acústico y para otros usos.

H

HVAC:

Corriente alterna de alto voltaje

HVDC:

Corriente continua de alto voltaje

I

IRM:

Inspección, reparación y mantenimiento



M

MC..:

Mantenimiento categoría ..

Megado:

Es la comprobación del aislamiento de una instalación eléctrica, suele ser entre conductores y conductores y tierra. Se emplea un aparato denominado Medidor de aislamiento (El nombre de megado procede de megger que es una marca de dichos aparatos).

N

Nacelle:

Este término proviene de las barquillas de los globos aerostáticos y hace referencia al elemento que se sitúa en la parte superior de la torre y sobre el que giran las palas.

O

O & M:

Operación y mantenimiento

P

Pitting:

Es el ataque localizado (picaduras) que produce penetración en el metal, puede ser debido a condiciones extremas de agentes corrosivos o a imperfecciones mecánicas, tales como

partículas extrañas, daño en la superficie de la materia..

R

Resina epoxy:

Una resina epoxi o poliepóxido es un polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o «endurecedor».

ROV:

Vehículo operado remotamente

S

SAP:

Persona autorizada senior

SCADA:

Supervisión control y adquisición de datos

T

TPM:

Mantenimiento productivo total

Trafo:

Abreviatura que se le da a los transformadores.



1

INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

La eólica marina comienza su desarrollo en el Mar del norte y el Mar Báltico y, a día de hoy, Europa sigue siendo su principal escenario. Esto ha sido posible gracias a que países como Dinamarca, Reino Unido, Suecia, Holanda, Irlanda y Alemania han ido promoviendo legislaciones específicas y desarrollando tanto tecnología propia, como industrias e infraestructuras asociadas, que han impulsado el progreso de la generación energética mediante aerogeneradores. Su bajo impacto medioambiental, su carácter renovable y su seguridad eléctrica, entre otras muchas ventajas, así como la constante mejora tecnológica, hacen pensar en un futuro muy prometedor para este sector a nivel mundial.

El mantenimiento y operación (O & M) en un parque eólico marino es la actividad que sigue a la puesta en marcha, para garantizar el funcionamiento seguro y económico del proyecto. El objetivo de esta guía de mantenimiento es asegurar que el proyecto consiga el mejor equilibrio entre el coste de funcionamiento y la producción de electricidad. O & M se produce a lo largo de la vida útil del proyecto, que en el caso de la eólica marina oscila aproximadamente entre los 20-30 años. En esta industria, la O & M es similar al de la inspección, reparación y mantenimiento (IRM) en el sector del petróleo y gas en alta mar.

En todos los parques eólicos es necesario llevar a cabo diversas tareas de mantenimiento a lo largo de toda su vida útil, que resultan fundamentales para poder maximizar sus horas de operación. Esto es aún más importante, si cabe, en los parques eólicos marinos, en los que las horas de indisponibilidad llevan consigo cuantiosas pérdidas.

El nivel de accesibilidad de un parque eólico marino (offshore) delimita en parte su disponibilidad, luego debe de planearse con detalle y, si fuera posible, deberían realizarse simulacros al respecto. Cada proyecto debe de caracterizarse bien para poder determinar así los medios óptimos (técnicos y humanos) en función de las condiciones meteorológicas habituales, distancias a puertos más cercanos, necesidades durante las operaciones de mantenimiento (dimensiones, pesos, personal específico), tasas de fallo de los componentes de la instalación, costes por indisponibilidad, reparaciones, etc. U otras características importantes.

Las operaciones y el mantenimiento en parques eólicos marinos es un sector en auge y con alto índice de disposición para la contratación de personal cualificado.

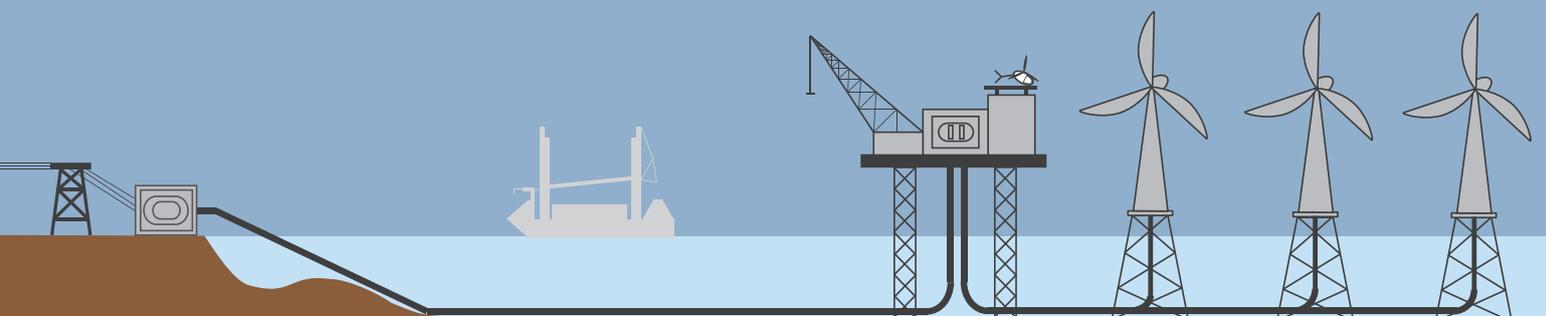


Esta guía establece los factores fundamentales que dará forma a la industria y arroja luz sobre la magnitud y la naturaleza de las oportunidades que presenta.



2

CONFIGURACIÓN BÁSICA DE UN PARQUE EÓLICO MARINO



2. CONFIGURACIÓN BÁSICA DE UN PARQUE EÓLICO MARINO

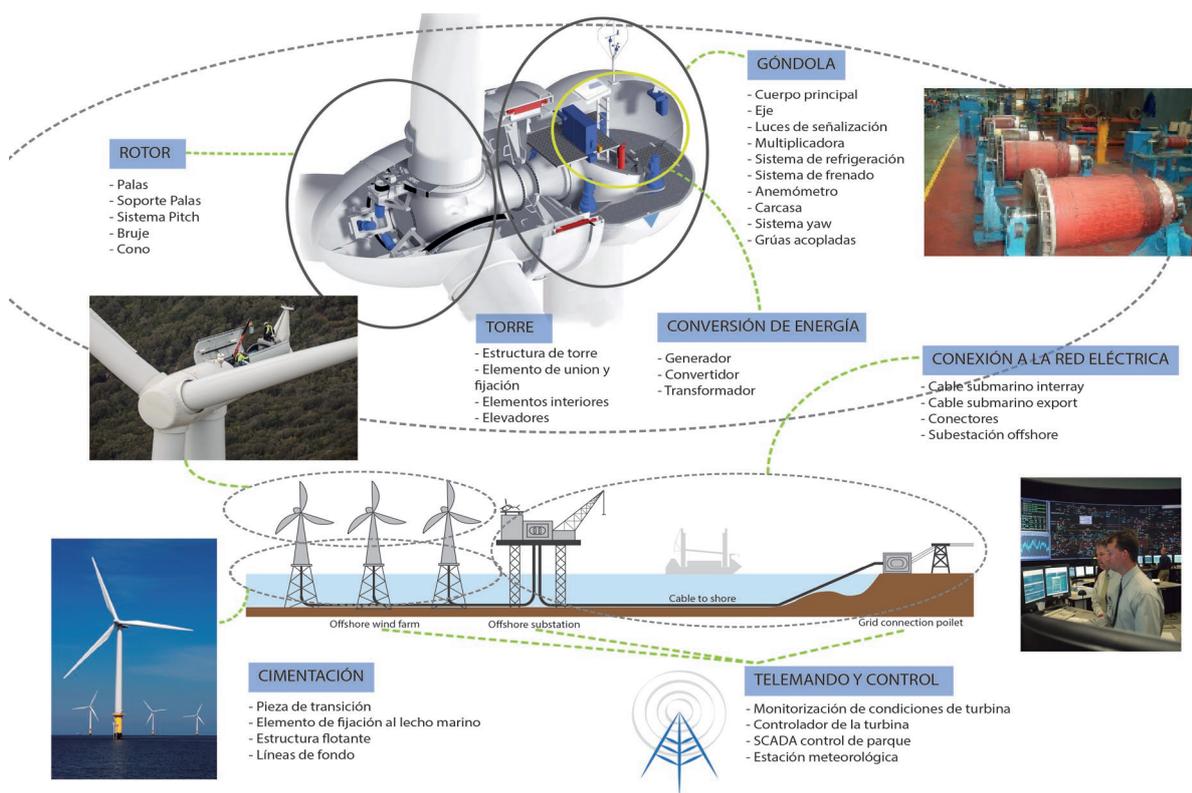


Ilustración 1 Configuración básica de un parque eólico marino

◇ AEROGENERADOR

- Torre
 - Estructura de torre: Elemento que soporta la góndola y eleva el rotor a la distancia precisa. Usualmente son fabricadas por secciones de acero curvado de 20-30 metros de altura.
 - Elementos interiores: Sistemas de elevación para acceso de personal, componentes, recambios, y accesorios interiores de la torre como barandillas, plataformas metálicas, escaleras de mano, etc. y sistema de alumbrado
- Rotor
 - Palas: Las palas captan el viento y transmiten la potencia al buje, generalmente son fabricadas con una combinación de resina epoxy y fibra de vidrio.
 - Buje: Es una pieza cuya función es mantener las palas en posición mientras giran por lo que es sometido a una gran tensión. Se fabrica normalmente mediante fundición de hierro esferoidal grafitico.
 - Sistema pitch: Sistema que ajusta el grado de apertura de las palas para aprovechar mejor el viento. Puede ser electromecánico o electrohidráulico.



- Sistema yaw: Sistema electromecánico que orienta el giro rotacional de la nacelle sobre la torre. Está compuesto por 6 elementos fundamentales: el controlador de posición, el motor de bajo par de giro, un sistema de engranajes para la transmisión de movimiento, un encoder de posicionamiento, un rodamiento y la carcasa exterior del sistema.
- Góndola
 - Carcasa de la góndola: Pieza exterior que sustenta y protege los componentes del aerogenerador. Se componen de dos piezas estructurales, un cono que protege el buje del rotor, varias trampillas para el acceso al interior de la góndola y una estación meteorológica.
 - Cuerpo principal: Elemento estructural cuya función es soportar el peso de la góndola.
 - Caja de transmisión(multiplicadora): Conjunto que convierte la energía mecánica de alto par y baja velocidad del rotor en la energía mecánica de bajo par y alta velocidad apta para el generador. Se compone principalmente de carcasa exterior, sistema de engranajes, ejes de transmisión, y sistema de acoplamiento.
 - Generador: Convierte la energía mecánica en eléctrica. A diferencia de un generador estándar debe ser capaz de trabajar con la energía mecánica fluctuante suministrada por palas. Pueden ser síncronos, asíncronos o permanentes
 - Convertidor: Convierte la energía continua en alterna para su conexión a red
 - Transformador: Convierte la energía a altos voltajes adecuados a la red (de 690V a 20.000V).
 - Sistema de frenado: Permite regular y detener el giro del rotor. Se compone de dos sistemas independientes. Un sistema de parada hidráulico y un sistema mecánico de bloqueo en el rotor para mayor seguridad.
- Cimentación: Suponen la base y anclaje de las torres al suelo marino. Incluye una pieza de transición sobre la que se coloca la torre y una estructura de acero u hormigón fijada al fondo marino.

◊ CONEXIÓN A LA RED ELECTRICA

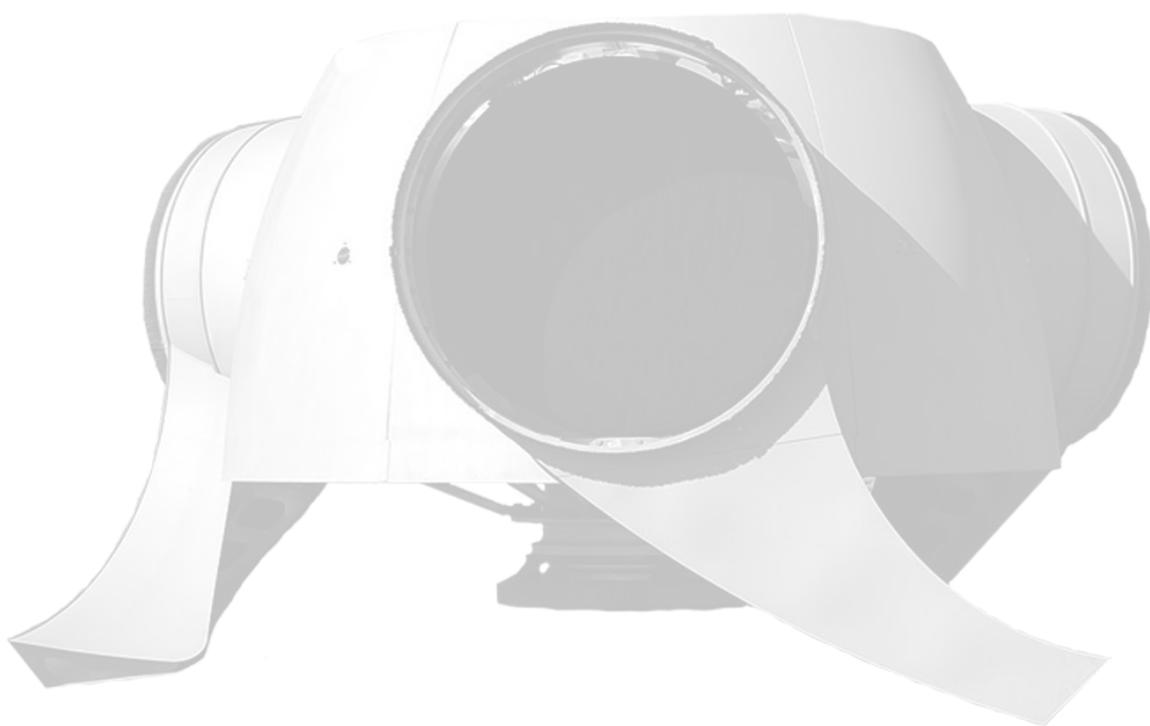
- Equipo eléctrico offshore: Equipos diversos (celdas, cuadros, etc) y aparellaje eléctrico integrados en los aerogeneradores o en la subestación offshore que capta la energía producida en el parque para intensificarla y enviarla a la costa.
- Cable submarino inter array: Cables de conexión internos del parque eólico. Suelen tener una potencia de 33-36 kV
- Cable submarino export: Cables de conexión de la subestación eléctrica offshore a la subestación onshore. Suelen tener una potencia de 100 - 220 kV. Actualmente se utilizan los cables HVAC pero la tendencia es a utilizar HVDC.
- Equipo eléctrico onshore: Equipos y aparellaje eléctrico incluidos en la subestación terrestre a la que se evacúa la energía de los parques eólicos off-shore para su posterior distribución.

◊ TELEMANDO Y CONTROL

- Controlador principal de la turbina: Controlador central encargado de la operación de toda la turbina (curva de potencia, sistema pitch, etc).
- Monitorización de condiciones de la turbina: Sistema independiente respecto del controlador central responsable del control de fallos en la turbina mediante el uso de sensores.

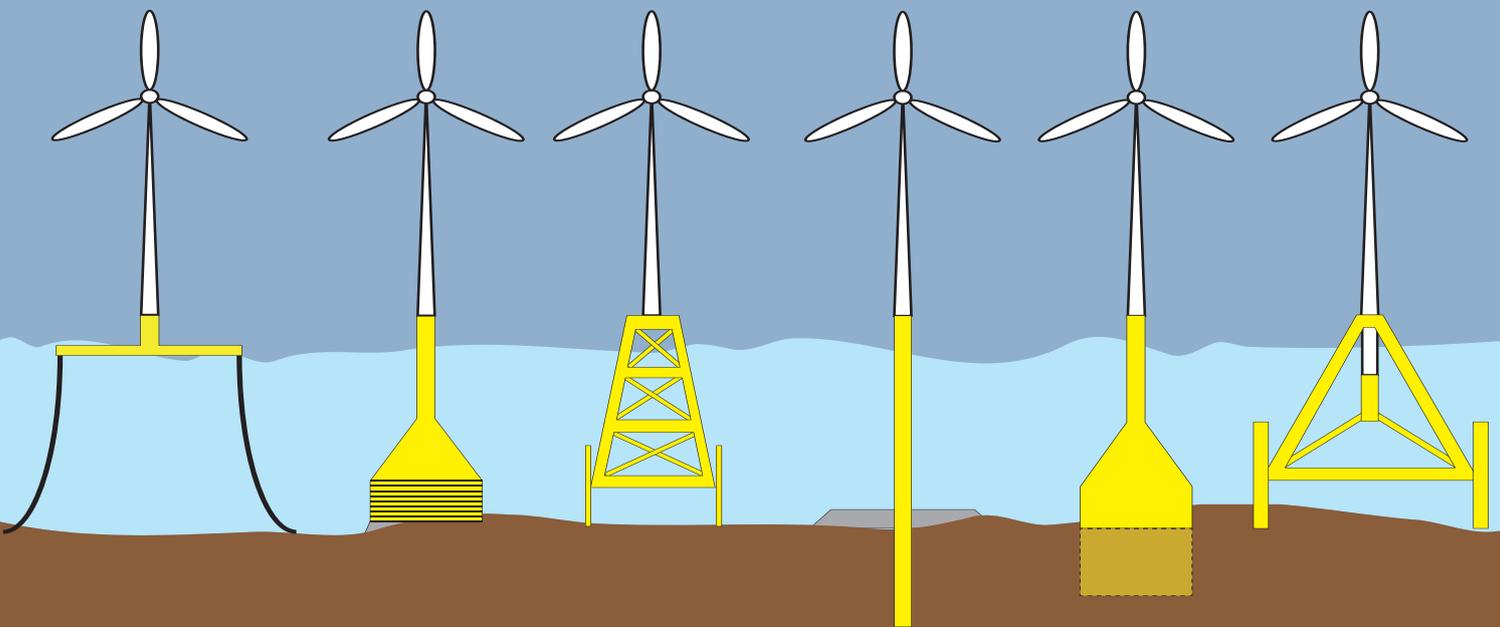


- SCADA control del parque: Sistema de gestión del parque que aglutina todos los sistemas y componentes del mismo permitiendo las actividades de operación y mantenimiento.
- Estación meteorológica: Sistema de recopilación y predicción de datos meteorológicos de interés para la operación del parque.



3

TIPOS Y MODELOS DE DE MANTENIMIENTOS



3. TIPOS Y MODELOS DE MANTENIMIENTOS.

Generalmente se distinguen 5 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter y momento de actuación, estos son:

Mantenimiento Correctivo: también denominado “mantenimiento reactivo”, tiene suceso cuando se produce una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

Averías más frecuentes (pequeño correctivo):

- Seguridades de rearme local (operación): vibración, Presión o termostato de freno, error torsión cable, temperatura en convertidor, multiplicadora, etc.
- Averías instrumentación: PT-100, sensores de vibración, termostatos, encoder de velocidad, anemómetro, veleta, etc.
- Averías electrónica control: tarjetas UPS, comunicación, y controladoras
- Averías electrónica potencia: arrancadores, rectificadores y cargadores, etc.
- Elementos de sistemas hidráulico / engrase: filtros, servoválvulas, válvulas termostáticas, bomba, etc.
- Aparellaje: contactores, térmicos, magnetos.
- Elementos mecánicos: retenes aceite, zapatas freno, acoplamientos, desalineaciones, ventiladores de refrigeración y motores de accionamiento, etc.
- Palas: reparaciones de picajes, lacados, bordes de ataque y refuerzo.



Averías más frecuentes (gran correctivo):

- Generadores: Rodamientos y defectos aislamiento en bobinado. Causas de trabajo a altas temperaturas, (>120°C) por condiciones de ventilación
- Multiplicadora: rodamientos (principal etapa intermedia helicoidal), y piñones.
- Palas: perforaciones y desconchados. (Tormentas con aparato eléctrico principal causa).
- Moto-reductores de orientación.
- Acoplamiento eje rápido (con probabilidad de daños en rodamientos de elementos unidos)

Averías menos frecuentes (gran correctivo):

- Sistema de pitch: barra del pitch en sistemas hidráulicos y servo-motores en sistemas mecánicos
- Convertidor: Componentes etapas de potencia. (tormentas y calentamientos)
- Sist. del Yaw: rotura de dientes coronas.
- Rodamientos de palas
- Rodamiento de eje principal baja velocidad
- Fisuras y grietas en bastidor
- Transformadores: cortos en zona BT (protección de fusibles poco selectiva), y calentamientos.
- Celdas MT, fugas de gas SF6.

Mantenimiento Preventivo: se denomina “mantenimiento planificado”, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos. Presenta las siguientes características:

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta, en el caso de los parques eólicos marinos coincidirá con las horas de bajo o nulo recurso eólico.
- Se lleva a cabo siguiente un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano”.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.

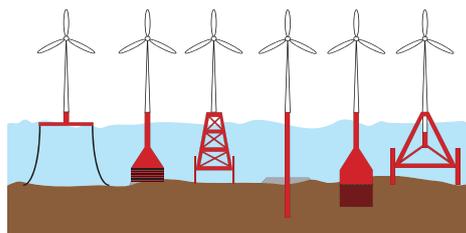


- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

Check-list (Revisiones específicas Fabricante):

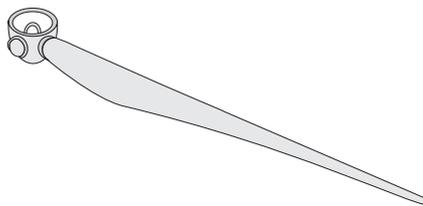
- Cimentación y Torre

- Grietas fundación
- Pares de apriete



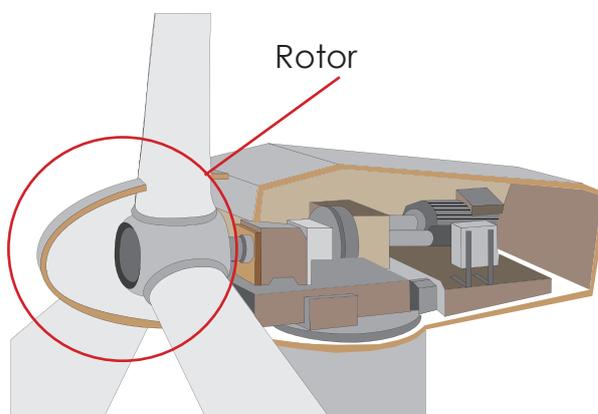
- Palas

- Fisuras y Marcas de Grietas
- Decoloraciones y Rugosidades
- Borde de ataque



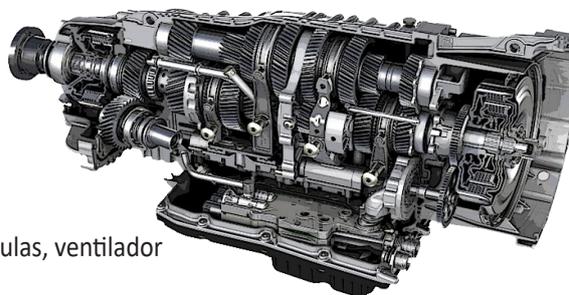
- Rotor

- Fisuras y tornillos soporte cono del buje
- Retenes y engrases rodamientos palas
- Pares de apriete rodamiento pala-buje
- Aprietes y holguras cajas rodamientos de palas
- Uniones rotor y eje principal
- Engrase rodamiento eje principal
- Comprobación alineación eje principal



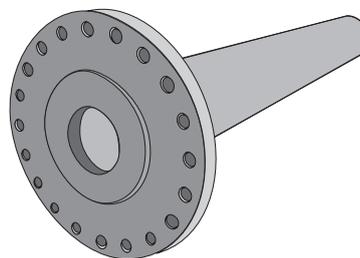
- Multiplicadora

- Apriete y holguras de amortiguador
- Aceite: análisis, fugas y nivel
- Aspecto rodamientos y engranajes
- Alineado, ruidos, y vibraciones
- S. Refrigeración: bomba aceite, fugas circuito, válvulas, ventilador



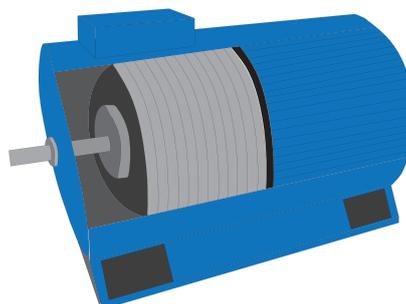
- Eje alta velocidad

- Freno: desgastes, fisuras, alabeos.
- S. hidráulico freno: aceite, fugas, precarga.
- Uniones cardan, juntas, engrases
- Rodamientos

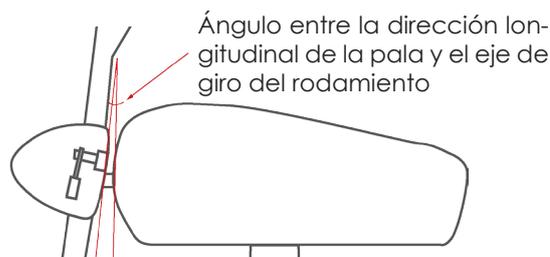


- Generador

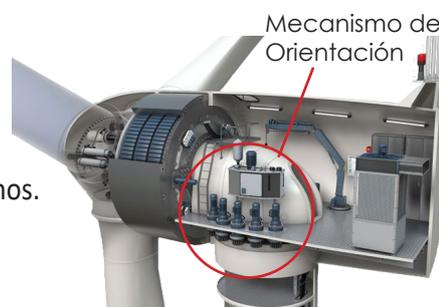
- Engrase de rodamientos
- Inspección y apriete de caja de bornas
- Inspección anillos y escobillas
- Limpieza de intercambiador y filtros
- Megado devanados estator y rotor



- Sistema de cambio de paso
 - Comprobar ajustes: señal y rango entre extremos
 - Prueba de carrera: carga, puntos duros, etc.
 - Comprobaciones de S. hidráulico / Servomotores



- Sistema de orientación
 - Inspección dientes y prueba: carga, ruidos, puntos duros
 - Engrase de corona y superficies deslizantes.
 - Reapriete de discos y holguras.
 - Comprobación del sistema hidráulico: aceite, presión, frenos.



- Otros sistemas eléctricos
 - Inspección visual, limpieza y comprobación conexiones: auxiliares, cables, terminales, trafo, celda
 - Megados y comprobación aislamiento eléctrico

Mantenimiento Predictivo: se basa fundamentalmente en detectar un fallo antes de que éste suceda, reduciendo los tiempos de parada y permitiendo planificar la reparación sin detener la producción (por ejemplo, en un día sin viento). Las tareas de mantenimiento predictivo pasan por realizar análisis de vibraciones, termografías de esfuerzos, análisis por endoscopia, análisis de ruidos, etc. Hasta el momento, en la mayoría de los parques eólicos se ha venido aplicando mantenimiento preventivo pues los costes de los medios para realizar mantenimiento predictivo han sido altos en relación a los riesgos que cubrían y además provenían de otras industrias y no estaban adaptados a las particularidades de la eólica. Pero actualmente estos medios son más fiables y cubren a menor coste unos riesgos de mayor valor. En nuestro caso, en parques offshore esta situación será aún más acusada debido a que los costes de mantenimiento serán más elevados que en 'onshore' por las dificultades de intervención en los aerogeneradores por:

- Su lejanía a la costa (varias decenas de km; en algunos proyectos a cientos de km)
- A los largos periodos (varias semanas) de acceso prohibido por causa de temporales meteorológicos
- A la escasez de medios disponibles (plataformas de mantenimiento offshore equivalentes a las grandes grúas de tierra)

Sistematización del mantenimiento predictivo:

- Monitorización continua de todos los componentes.
- Realización de campañas de medidas con cámara termo gráfica.
- Análisis de vibraciones.
- Análisis de aceite y ferrogarrías
- Sensores para análisis de temperaturas en rodamientos y sistema de lubricación.
- Inspecciones visuales en engranajes de la multiplicadora para evitar micropitting.



- Inspecciones visuales en las palas.
- Realización de campañas de medidas con acelerómetros
- Diseño de herramientas para análisis de alarmas y establecimiento de acciones concretas en función de resultados

Inspecciones:

Las inspecciones se realizan en el propio aerogenerador. En ellas se comprueba el estado de los componentes. Proporcionan la información más fiable del estado real del aerogenerador. Pero consumen muchos recursos humanos. Además, su realización suele implicar la parada del aerogenerador. La mayor parte de la información es cualitativa lo que dificulta los estudios de tendencias. Por tanto, son de aplicación:

- Para seguimiento de deterioro de componentes que evolucionan lentamente.
- Para comprobación de estado real del componente una vez que otros métodos (monitorización de estado o contadores de fatiga) han predicho que se ha alcanzado un nivel de deterioro significativo.

Mantenimiento Cero horas (Overhaul): es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca algún fallo, o bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

Mantenimiento en Uso: es la conservación básica del equipo realizado normalmente por la empresa encargada del mantenimiento sobre el parque eólico. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino sólo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total).

Los diferentes equipos del parque eólico necesitan una mezcla de estos tipos de mantenimiento, precisamente está es la complejidad de la labor y requiere un claro conocimiento de los diferentes componentes, para poder aplicar el tipo de modelo de mantenimiento más adecuado

Un Modelo de Mantenimiento es una mezcla de los anteriores tipos de mantenimiento en unas proporciones determinadas, y que responde adecuadamente a las necesidades de un equipo concreto. Los modelos de mantenimiento que se pueden llevar a cabo son:



Modelo Correctivo: este modelo es el más básico, e incluye las inspecciones visuales, la lubricación, y la reparación de averías que surjan. Es aplicable, a equipos con el más bajo nivel de criticidad, cuyas averías no suponen ningún problema, ni económico ni técnico. En este tipo de equipos no es rentable dedicar mayores recursos ni esfuerzos.

Modelo Condicional: incluyen las actividades del modelo anterior más la realización de una serie de pruebas o ensayos, que condicionarán una actuación posterior. Si tras las pruebas descubrimos una anomalía, programaremos una intervención. Si por el contrario, todo es correcto, no actuaremos sobre el equipo. Este modelo de mantenimiento es válido en aquellos equipos de poco uso, o equipos que a pesar de ser importantes en el sistema productivo su probabilidad de fallo es baja.

Modelo Sistemático: este modelo incluye un conjunto de tareas que realizaremos sin importarnos cuál es la condición del equipo. Realizaremos algunas mediciones y pruebas para decidir si realizamos otras tareas de mayor envergadura. Y por último resolveremos las averías que surjan. Es un modelo de gran aplicación en equipos de disponibilidad media, de cierta importancia en el sistema productivo y cuyas averías pueden causar pérdidas importantes.

El equipo sujeto a este modelo de mantenimiento puede incluir tareas sistemáticas, que se realicen sin importar el tiempo que lleva funcionando o el estado de los elementos sobre los que se trabaja. Es la principal diferencia con los dos modelos anteriores, en los que para realizar una tarea debe presentarse algún síntoma de fallo.

Modelo de Mantenimiento de Alta Disponibilidad: es el modelo más exigente y exhaustivo de todos. Se aplica en aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería o un mal funcionamiento. Son equipos de alta disponibilidad, por encima del 90%. La razón de un nivel tan alto de disponibilidad es en general el alto coste en producción que tiene una avería.

Para las partes, equipos o componentes del parque eólico marino con una exigencia tan alta, no hay tiempo para el mantenimiento que requiera parada del equipo (correctivo, preventivo sistemático). Por lo tanto, se emplearán técnicas de mantenimiento predictivo, que nos permitan conocer el estado del equipo con él en marcha, y a paradas programadas, que supondrán una revisión general completa, con una frecuencia generalmente anual o superior. En la revisión se sustituyen, en general, todas aquellas piezas sometidas a desgaste o con probabilidad de fallo a lo largo del año (piezas con una vida inferior a dos años). Estas revisiones se preparan con gran antelación, y no tiene porqué ser exactamente iguales año tras año.



4

TÉCNICAS DE ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO



4. TÉCNICAS DE ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO.

La organización en mantenimiento es la forma interna de secuenciar, preparar y programar los trabajos de mantenimiento u otras obras ejecutadas por el mantenimiento. La organización corresponde fundamentalmente a la forma de estructurar los trabajos y de definir las prioridades de las preparaciones.

Las técnicas organizativas del mantenimiento son generadas por la empresa que realiza el mantenimiento en el parque, el mantenedor, pero siempre en coordinación y aprobación del cliente o empresa promotora del parque eólico.

La organización jerárquica es fundamental para el buen funcionamiento del mantenimiento, ya que da a conocer las funciones de cada puesto dentro de la organización.

La dirección de Mantenimiento es la que define la organización y quien toma las decisiones importantes en última instancia.

Para una empresa de mantenimiento que trabaja a nivel nacional generalmente se designan Jefes de Zona. Jerárquicamente inferior a los jefes de zona están los Jefes de Parque, estos son los encargados de asignar los trabajos a los técnicos de parque, ya sea mantenimiento correctivo o preventivo y reportar a los Jefes de Zona.

Los Técnicos Especialistas son los que dan apoyo técnico a los técnicos de parque, ya que estos tienen conocimientos profundos y capacidad de análisis sobre los equipos de los aerogeneradores. Es muy común que las empresas mantenedoras tengan un equipo de Grandes Correctivos. Este personal técnico se designa por su capacidad y movilidad geográfica para realizar tareas de gran complejidad y envergadura.

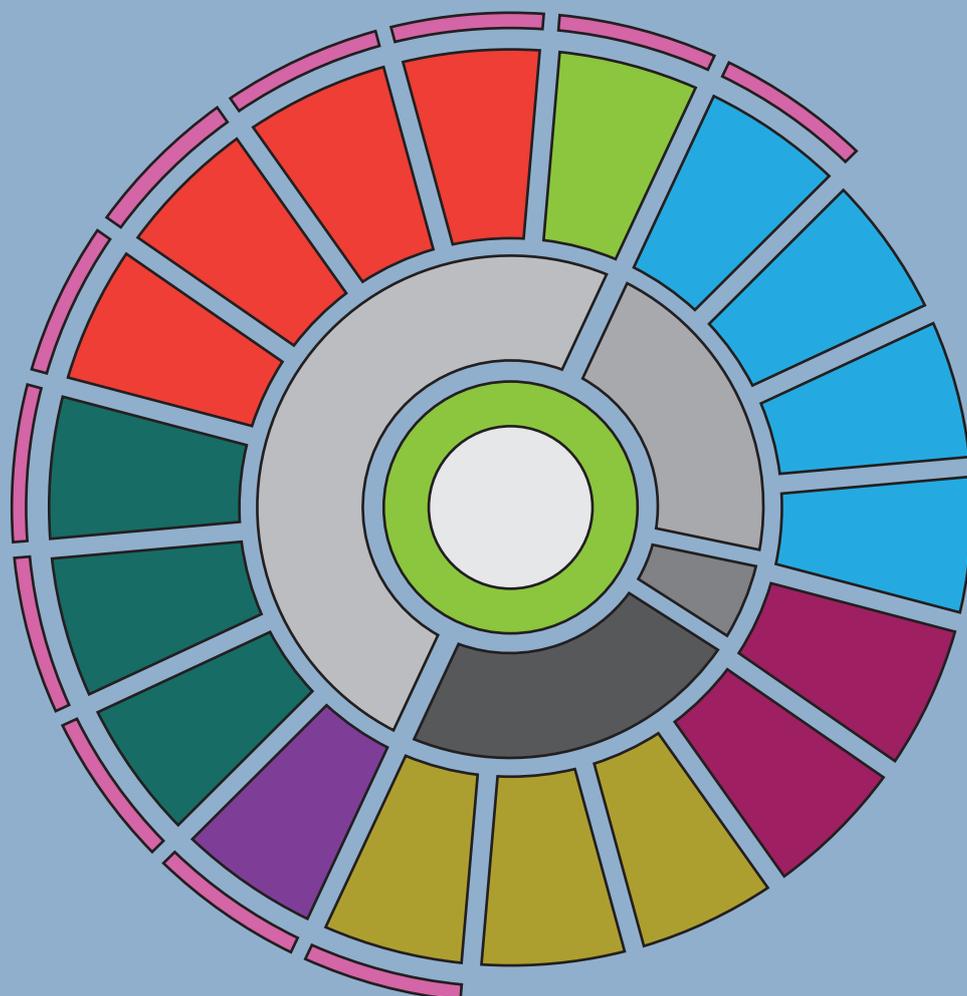


Ilustración 2 Organización de Jerarquía



5

CATEGORÍAS DE MANTENIMIENTO Y ESTRATEGÍAS DE REPARACIÓN



5. CATEGORÍAS DE MANTENIMIENTO Y ESTRATEGIAS DE REPARACIÓN.

Los procedimientos de mantenimiento se pueden dividir en tres categorías principales en función del tipo de actividades llevadas a cabo. Para cada categoría se describirán el personal, equipamiento y procedimientos de acceso requeridos.

MC1: Inspección y Reparación.

A menudo, sólo es posible establecer el proceso de mantenimiento requerido después de una primera inspección. En este apartado se identifica el tipo de fallo y da una idea de cuáles son las actividades de mantenimiento adecuadas. El mantenimiento Categoría 1 (MC1) tiene por objetivo examinar el problema y reparar cuando sea posible. Ya que sólo implica una inspección o pequeñas reparaciones, con el transporte de personal y herramientas en una Zodiac o helicóptero a la turbina será suficiente. Normalmente llevadas a cabo por dos técnicos, el mantenimiento se puede completar en menos de 24 horas usando una Zodiac cuando las condiciones meteorológicas son favorables o en helicóptero.

La cantidad limitada de herramientas sólo permite pequeñas reparaciones.

El MC1 podría hacerse de la siguiente manera:

Zodiac.

1. Se transporta al personal mediante Zodiac a la turbina desde el puerto o unidad de alojamiento en condiciones meteorológicas favorables.
2. Transferir al personal a la turbina.
3. Inspección y pequeñas reparaciones se llevan a cabo: Se informará de nuevas medidas de mantenimiento.
4. Los técnicos volverán a la Zodiac al finalizar las tareas.
5. El personal se traslada al puerto o unidad de alojamiento.

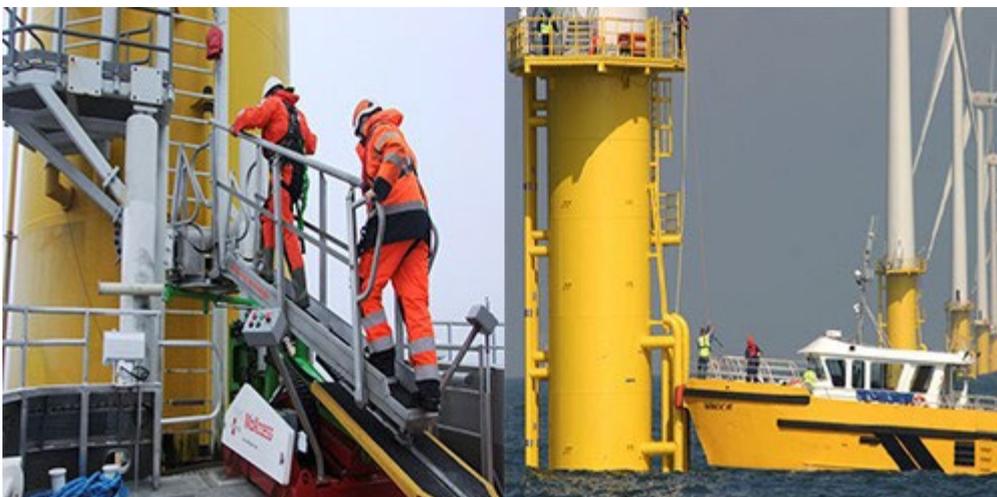


Ilustración 3 Labores de Mantenimiento en alta mar.



Helicóptero.

1. El personal es transportado desde la costa a la subestación.
2. Los técnicos son divididos en equipos de dos. Cada equipo se encarga del aerogenerador asignado.
3. Se desciende a los técnicos al aerogenerador.
4. El helicóptero aterriza en la subestación.
5. El helicóptero se queda en modo de espera durante las acciones de reparación, y estará listo para volar, ya sea para retirar piezas o si algunos de los técnicos están listos para trasladarse de un aerogenerador a otro.
6. Transportar al personal de vuelta a la orilla. El personal no puede ser recogido con mal tiempo, por ello cada aerogenerador ofrece mínimas instalaciones para dormir, agua y alimentos.

MC2: Sustitución de piezas pequeñas (<600kg). Grúa interna:

La sustitución de componentes pequeños, como los motores del sistema de orientación, el motor del pitch, o componentes del sistema hidráulico, con un peso inferior a 600 kg requiere equipo especializado. Las piezas se depositarán en la plataforma del aerogenerador desde el cual se izan dentro de la góndola con la ayuda de una grúa interna (polipasto). Las actividades del MC2 requerirán un barco capaz de llevar pequeñas piezas de repuesto y personal (2-4 técnicos) para operaciones de mantenimiento. Un barco de acceso se utiliza para esta operación, que normalmente tarda menos de 24 horas. Un helicóptero podría ser una opción alternativa cuando las condiciones climáticas restringen el uso de un barco de acceso.

El MC2 se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. Personal y componentes de repuesto son transportados al aerogenerador por barco.
2. Los técnicos son transferidos desde el barco al aerogenerador defectuoso.
3. Una vez que la inspección del técnico se completa, si la decisión es la sustitución esta se lleva a cabo.
4. Si una pieza necesita ser reemplazada, las piezas de repuesto se izan a la plataforma situada en la parte inferior del aerogenerador mediante una pequeña grúa.
5. La grúa interna de la góndola eleva los componentes desmontados y los deposita sobre la plataforma.
6. Los componentes de repuesto se alzan desde la plataforma hasta la góndola mediante el polipasto de la góndola, después de lo cual se instalan.
7. Los componentes defectuosos se bajan entonces desde la plataforma del aerogenerador al barco con la pequeña grúa de la plataforma a no ser que se tome la decisión de almacenar los componentes defectuosos sobre la plataforma.
8. El personal se traslada desde la plataforma hasta el barco antes de volver a puerto.





Ilustración 4 Mantenimiento MC2, pequeñas sustituciones.

MC3: Sustitución de piezas mayores (<300 Tn). Grúa exterior:

La caja de cambios, el generador, la góndola, el buje, el eje principal y otros elementos pesados no pueden ser levantados por la pequeña grúa interna: se hace necesario un equipo alternativo con suficiente capacidad de elevación. Las actividades del mantenimiento de Categoría 3 (MC3) requieren de buque jack up o de una barcaza autopropulsada, es decir, se debe tomar en consideración la disponibilidad de buques de apoyo. El mantenimiento suele durar hasta 3 días con un equipo de mantenimiento de 5-8 técnicos.

La barcaza o plataforma Jack-up se instala junto al aerogenerador defectuoso después de que el personal haya accedido al aerogenerador por aire o mar.

Este mantenimiento adopta los siguientes pasos:

1. Dos técnicos llevan a cabo una inspección inicial por barco o helicóptero. Los fallos son informados al regresar a puerto.
2. Logística se ocupa de las piezas de repuesto, y se organiza a la tripulación y la disponibilidad del Jack-up. Puede pasar tres semanas entre los pasos 1 y 3.
3. Se trasladan 4 técnicos al aerogenerador con el fin de desmontar las piezas que van a ser sustituido.
4. Transporte de piezas de repuesto desde el puerto con Jack-up.
5. Posicionamiento Jack-up (alrededor de 3 horas).
6. Descenso de la pieza defectuosa desde el aerogenerador al Jack-up (1 día).
7. Elevación de la nueva pieza de Jack-up al aerogenerador (1 día).
8. El montaje de los nuevos componentes y finalización de las actividades no programadas (2 días).
9. Desmovilización del Jack-up (3 horas).
10. Regreso a puerto del Jack-up (3 horas).





Ilustración 5 Mantenimiento MC3, sustitución de piezas grandes.

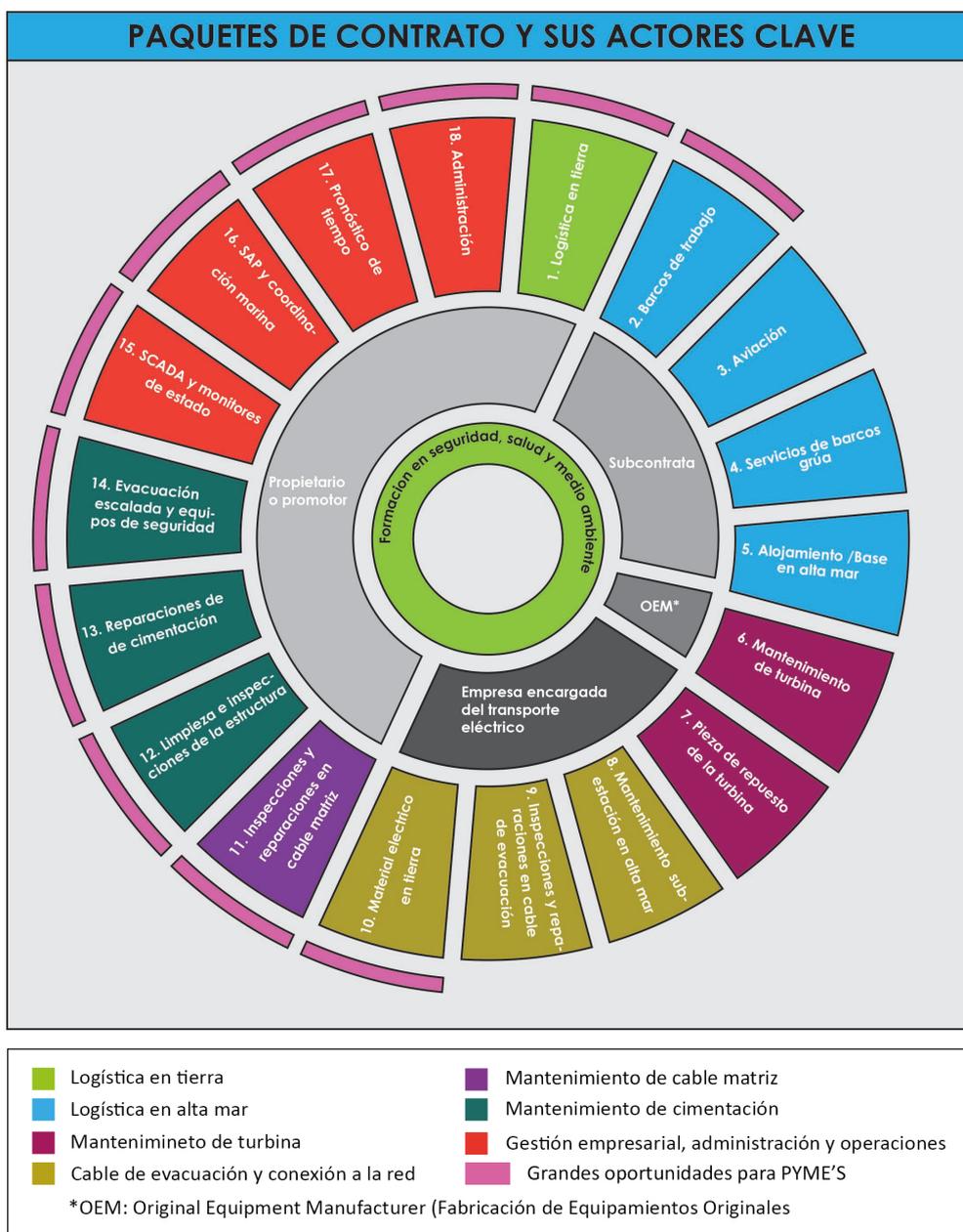
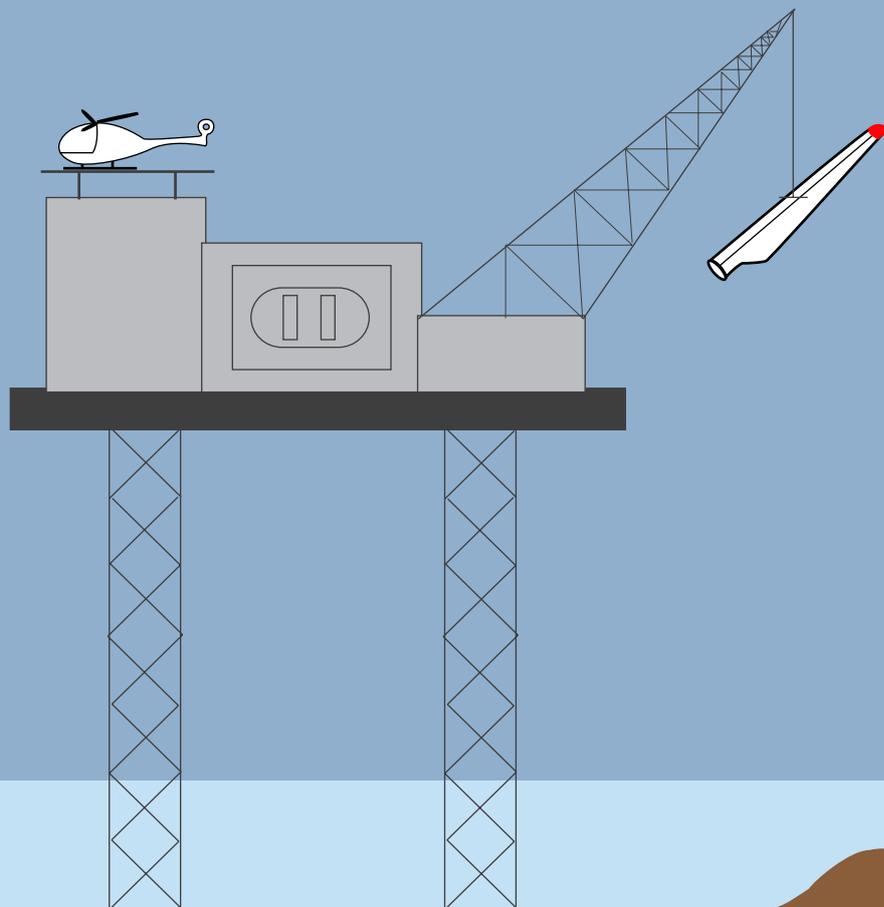


Ilustración 6 Paquete de contratos y sus actores claves.



6

ESQUEMA DE UNIDADES DE TRABAJO A CONTRATAR



6. ESQUEMA DE UNIDADES DE TRABAJO A CONTRATAR.

6.1. Logística en tierra.

Siempre se requerirá una base portuaria para las operaciones y mantenimiento del parque eólico marino. Es una práctica estándar el ubicar las oficinas, almacén y las instalaciones del muelle, así como, el helipuerto, instalaciones de repostaje y hangares. Se ubicarán generalmente todas las instalaciones cerca para permitir el acceso fácil de los técnicos. Será necesario incluir para otros operadores la adecuación de las instalaciones existentes, así como, el acceso por tierra y la infraestructura en general.

Para la mayoría de las operaciones, es adecuado un calado mínimo de 2m para los barcos de trabajo y otras embarcaciones. Como mínimo normalmente se requieren cuatro embarcaderos.

Si bien a menudo es conveniente poder atracar barcos más grandes, tales como los llamados floatels o Jack-up en el mismo lugar y reducir la frecuencia de visitas de dichos buques, esto significa que pueden ser movilizados o re-abastecidos en el mismo puerto, como alternativa a puertos más lejanos.

Retos y oportunidades:

- Posibilidades de expansión futura como apoyo a fases adicionales del proyecto.
- Flexibilidad para adaptarse a la demanda variable con campañas de mantenimiento, etc.

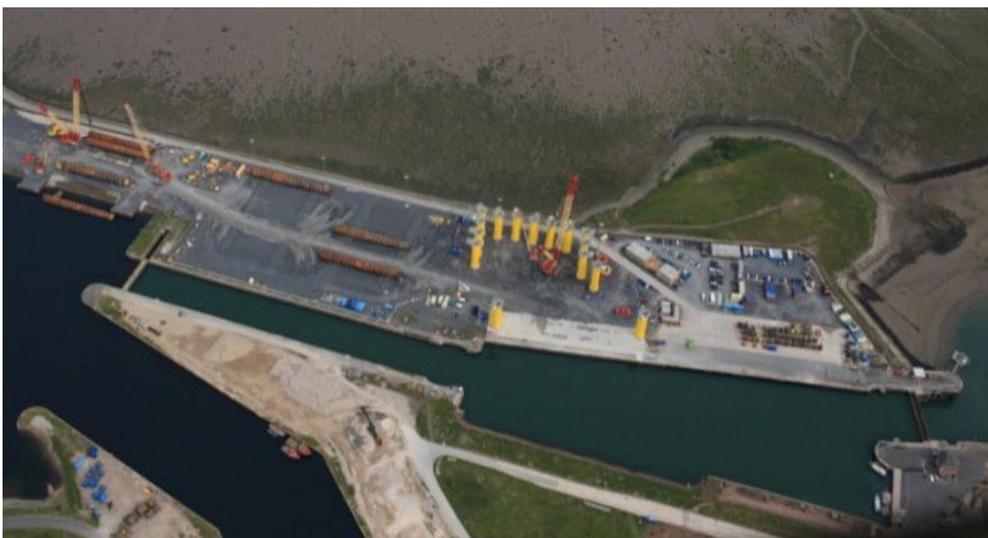


Ilustración 7 Base Portuaria.





Ilustración 8 Floatels o Jack Up.

6.2 . Barcos de trabajo.

Los barcos de trabajo son una parte esencial de cualquier estrategia de operaciones y mantenimiento en parques eólicos marinos. Siendo la columna vertebral de los servicios logísticos, estas embarcaciones transportan a los técnicos y el equipo desde la costa hasta el parque eólico. Aquellos parques que estén muy alejados de la costa utilizan también los barcos de trabajo para transportar a los técnicos desde la base en alta mar hasta cada uno de los aerogeneradores.

Los actuales barcos de trabajo son catamaranes estables del orden de 12 a 24 m de longitud total con una capacidad de pasajeros de aproximadamente 12.

Por lo general pueden trabajar hasta con alturas de 1,5 m con una limitación de 60 millas náuticas desde la base en tierra. La velocidad de crucero de la flota actual está en el intervalo de 20 a 25 nudos. Es una práctica estándar para el suministro de barcos de trabajo, patrones y pilotos, el contratar a un operador a largo plazo.

La velocidad y la estabilidad de los barcos tipo SWATH y otros diseños novedosos pueden aumentar la gama de estrategias de operación y mantenimiento, donde la reglamentación y otros factores limitan el uso de apoyo de helicópteros.





Ilustración 9 SWATH, barco para mantenimiento y operación. Eólica marina.

Retos y oportunidades:

- El aumento de la accesibilidad (en condiciones de la mar en el que se pueda lograr un acceso seguro a los aerogeneradores) a través de nuevos dispositivos de acceso y mejoras en los barcos.
- Aumento de la velocidad de las embarcaciones combinadas con el confort de los pasajeros que pueden pasar muchas horas al día en tránsito.
- El cambio reglamentario que permita más de 12 pasajeros por buque. Actualmente cuestión objeto de debate en la Organización Marítima Internacional (OMI).
- La mejora de la economía del combustible (en la actualidad alrededor del 30% del presupuesto de los barcos se gasta en combustible).

6.3. Aviación.

Los helicópteros transportan a los técnicos hacia y desde el parque eólico marino. Permiten el acceso en condiciones de estado de la mar de otro modo inaccesibles, y sus altas velocidades y baja capacidad de carga se ajusta bien a la naturaleza dispersa de proyectos eólicos marinos y la alta frecuencia de las intervenciones y bajo esfuerzo que componen una gran proporción de las visitas en alta mar.

Hasta la fecha los helicópteros han volado normalmente hacia y desde el parque eólico marino, rara vez aterrizan en la subestación en alta mar, con técnicos descendidos hasta los aerogeneradores. Para este tipo de trabajo, se utilizan los helicópteros pequeños de cuatro a seis pasajeros, como el EC135, trans-



portan uno o dos equipos, cada uno, de dos o tres técnicos, entre la base en alta mar (o cercano campo de aviación) y los aerogeneradores.

En el caso de equipos de base en alta mar, un helicóptero más grande puede actuar como un “bus” transportando un gran número de técnicos a un solo punto en el parque eólico, reflejo del enfoque utilizado en petróleo y gas.

Los helicópteros normalmente se contratan a largo plazo, ya sea con acceso exclusivo o compartido de la aeronave.

Retos y oportunidades:

- Las nubes y la visibilidad pueden limitar el funcionamiento, en particular para las operaciones de izado.
- La autorización podrá ser difícil de obtener para muchos proyectos y ubicaciones.
- La percepción, en particular con respecto a las implicaciones de seguridad.
- Mantener los costos bajos garantizando al mismo tiempo el acceso a la aeronave durante períodos de estados de la mar fuertes.

6.4. Servicios de barcos grúa.

La sustitución de objetos largos o pesados requerirá un servicio de barcaza grúa para garantizar una estabilidad suficiente durante las operaciones de elevación. Estos han sido típicamente buques auto elevables pero flotantes de posicionamiento dinámico o también se pueden utilizar los de anclaje extensible de apoyo. Se necesitan barcos para las principales operaciones de reparación de turbinas y reparaciones de componentes de la subestación en alta mar, tales como los transformadores.

A los efectos de O & M, la capacidad de elevación del buque es típicamente un problema menor que la profundidad operativa del agua y de la altura bajo gancho de la grúa, ya que es poco probable que la mayoría de los componentes excedan de 100 toneladas como máximo.





Ilustración 10 Barcaza grúa ubicando aerogenerador.

Retos y oportunidades:

- Lo ideal sería la necesidad de pequeños jack-ups con capacidad relativamente baja de elevación, pero de alto alcance de la grúa y con posibilidades en aguas profundas.

6.5. Alojamiento / Base en alta mar.

El alojamiento en alta mar, aunque caro, podría ser necesario si el proyecto se encuentra a más de dos horas de tránsito por barco desde el puerto de O & M. Las estrategias de alojamiento en alta mar se pueden dividir en dos tipos principales: fijo o flotante.

El alojamiento fijo en alta mar es muy parecido al alojamiento de plataformas de petróleo y gas en alta mar y requiere de barcos de trabajo o un helicóptero para el traslado de los técnicos y piezas a los aerogeneradores.

El alojamiento flotante, tales como “floatels” o nodrizas, tienen la ventaja de la movilidad y puede ser capaces de desplegar buques más pequeños en condiciones favorables o utilizar un sistema de acceso en alta mar de movimiento vertical con compensación (tipo Ampelmann) directamente desde el buque alojamiento en estados de la mar gruesa.





Ilustración 11 Floatels con sistema Ampelmann.

Retos y oportunidades:

- El alojamiento fijo se presta para traslados en helicóptero, pero esto requeriría infraestructura adicional, como la recarga de combustible, la capacidad de respuesta de emergencia y la infraestructura meteorológica.
- Actualmente está limitado los sistemas de despliegue y recuperación para la movilización de las embarcaciones de alojamiento fijo o flotante.
- Limitación de las metodologías de acceso de los buques en alta mar a los aerogeneradores.

6.6. Mantenimiento de los aerogeneradores.

El trabajo de mantenimiento se puede dividir en preventivo (programado) y correctivo (no programada), como ya se ha descrito en capítulos anteriores. La mayor parte de los trabajos de prevención normalmente se lleva a cabo durante los días de calma, sin viento, para minimizar el impacto en la producción, sin embargo, en la práctica, esto no siempre es alcanzable. El mantenimiento correctivo se realiza en respuesta a interrupciones no programadas y, a menudo es visto como más crítica, debido a la acumulación de tiempo de inactividad hasta que se resuelva el fallo.

Las habilidades principales necesarias son la ingeniería mecánica o eléctrica, con formación en mantenimiento de aerogeneradores, a menudo proporcionada por el proveedor del aerogenerador. La supervivencia en alta mar, trabajos en altura, y destrezas de escalada son también un requisito previo.



A menudo se valoran dentro de un equipo de técnicos de los aerogeneradores habilidades especializadas adicionales, incluyendo la formación en equipos de alto voltaje, la certificación para llevar a cabo las inspecciones de los equipos de izado y la escalada y el entrenamiento en altura.



Ilustración 12 Labores de mantenimiento en altura

Retos y oportunidades:

- La mejora de la fiabilidad
- El monopolio del proveedor de los aerogeneradores durante el período de garantía.
- Futuro ámbito potencial para los proveedores de servicios de terceros en proyectos que han superado el período de la garantía.
- Fuertes habilidades y la demanda de formación.

6.7. Piezas de repuestos de los aerogeneradores.

Durante el período de garantía, es normal que todas las piezas de repuesto que se obtengan del proveedor de los aerogeneradores. Sin embargo, una vez terminada la garantía, el propietario del proyecto puede tener la libertad de buscar proveedores alternativos para algunos de los componentes más genéricos y consumibles, sobre todo porque los proveedores de los aerogeneradores compran la mayoría de sus componentes a sub-proveedores.

El coste de la pérdida de ingresos debido al tiempo de inactividad significa que un proyecto bien cuidado no debería sufrir retrasos significativos debido a la escasez de piezas. Los grandes piezas de recambio, a menudo se pueden obtener de la línea de producción de los aerogeneradores, lo que significa que la gran fuente de retrasos cuando se necesita un reemplazo es el tiempo de espera necesario para obtener un



jack-up en el lugar. Todas las partes y consumibles de rotación rápida pueden esperar para ser almacenadas en un gran almacén en tierra.

Retos y oportunidades:

- Aparente monopolio de los proveedores de aerogeneradores, en particular durante el período de garantía.
- Amplitud para el aprovisionamiento directo desde sub-proveedores o de terceros.
- Una buena gestión y almacenamiento de las piezas es de vital importancia para los propietarios.
- La disponibilidad a largo plazo de piezas para los productos discontinuados.

6.8. Mantenimiento subestación en alta mar.

El mantenimiento de la subestación en alta mar se compone principalmente de las inspecciones no intrusivas de la aparamenta de las celdas, de los servicios intrusivos infrecuentes o reparaciones de los transformadores, y de las inspecciones de la estructura.

También existe la necesidad de llevar a cabo las reparaciones de chapa y pintura de estructuras de acero secundarias (barandillas, rejillas, puertas, escaleras, etc.).

Las operaciones de reparación más severas requerirán el uso de buques para cargas pesadas.

El mantenimiento de la subestación en alta mar es normalmente responsabilidad de la empresa encargada del transporte eléctrico, aunque podrá subcontratar este trabajo.

Retos y oportunidades:

- Trabajo de especialistas en gran medida.
- La fuerte demanda de técnicos con experiencia en alto voltaje.



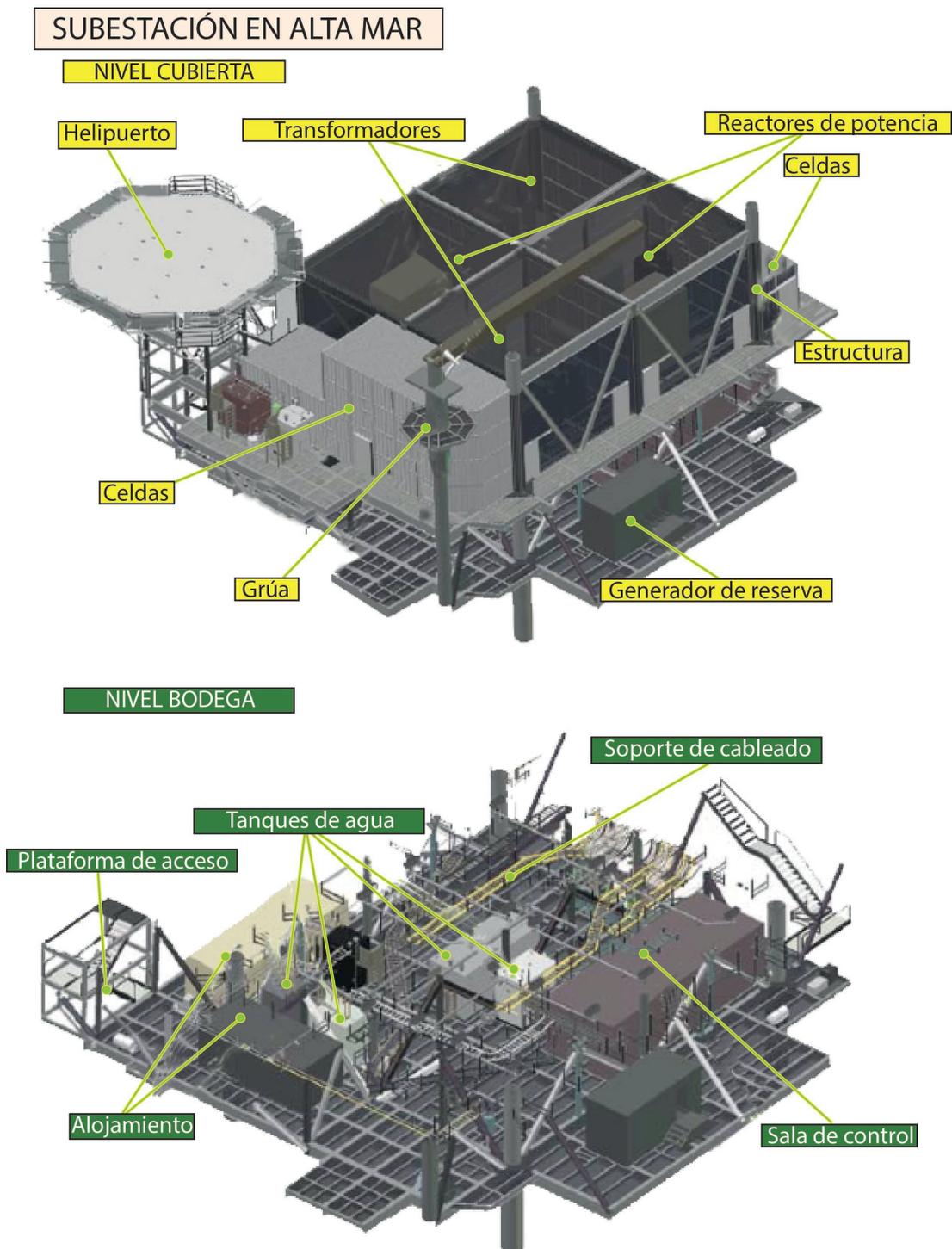


Ilustración 13 Subestación marina (offshore).

6.9. Inspecciones y reparaciones en cable de evacuación.

Hay que tener en cuenta la profundidad a la cual se encuentren enterradas las líneas eléctricas, sobre todo en los lugares donde la pesca es habitual. La frecuencia de los reconocimientos dependerá en gran medida de la movilidad de los fondos marinos y los resultados de las estudios iniciales.



Los estudios en superficie se pueden utilizar para detectar la exposición significativa del cable, pero serán necesarios estudios con ROV (Remote Operated Vehicle, Vehículo operado remotamente) para obtener datos más precisos de la profundidad de enterramiento.

El insuficiente enterramiento o la exposición del cable se resuelve con medidas correctoras, incluida la protección mediante colchón de bloques articulado y el vertido de rocas, normalmente utilizando un buque, con tubo de caída de posicionamiento dinámico, o algunas veces barcos con vertido lateral. Los cables de evacuación pueden fallar, ya sea debido a defectos del cable o un empeoramiento externo.

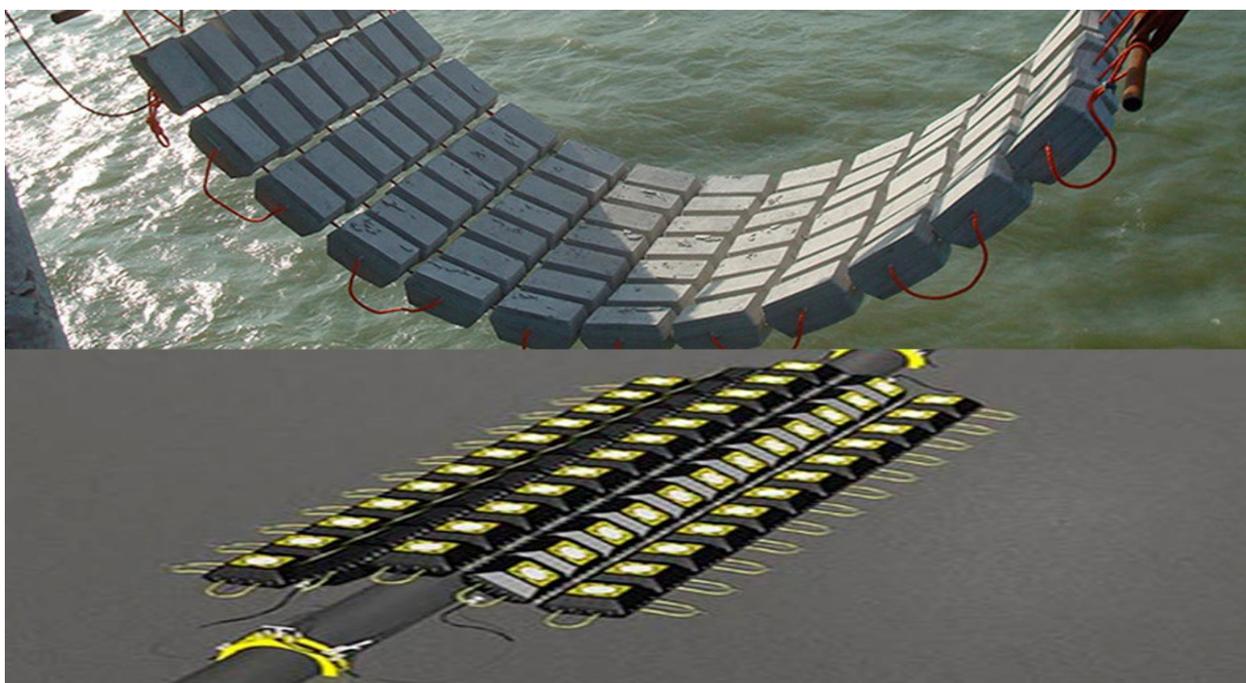


Ilustración 14 Colchón de bloques articulados

La reparación del cable eléctrico submarino requerirá de un equipo capaz de detectar la anomalía y con la capacidad de aplicar un sistema de apoyo como el jetting.





Ilustración 15 Barco de instalación de clave submarino.

Un fallo en los cables de evacuación pueden dar lugar a la pérdida completa de la producción del parque eólico. Por esta razón, el mantenimiento y las inspecciones de este bien probablemente sean objeto de mayor urgencia.

Retos y oportunidades:

- Las estrategias de reparación de estos cables son todavía relativamente inmaduras en comparación con otros sectores (por ejemplo, telecomunicaciones).
- Principalmente dentro del reino de los grandes contratistas de alta mar.
- El ámbito de las inspecciones para algunos barcos más pequeños (ya sea superficial o el uso de ROV).

6.10. Material eléctrico en tierra.

El mantenimiento de la subestación en tierra comprende inspecciones no intrusivas en celdas, transformadores y cualquier equipo de compensación de potencia reactiva. También puede ser necesario un mantenimiento y reparación intrusivo, pero este suele ser poco frecuente.

A diferencia de muchos de los sistemas de un parque eólico en alta mar, la subestación en tierra es casi en su totalidad específica de tierra, es decir, que consta de equipos eléctricos de alta tensión estándar.

Los cables terrestres son generalmente muy fiables y requieren poco mantenimiento programado. En alguna ocasión, pueden surgir fallos que requieren tramos de reserva de cable, equipo de empalme o



incluso una pequeña excavadora.

Retos y oportunidades:

- Trabajo de alta tensión en gran medida especialista.
- Habilidades: puede haber dificultades para cumplir la gran demanda de técnicos con experiencia de alto voltaje.

6.11. Reparaciones de la cimentación.

El mantenimiento de la estructura de la cimentación del aerogenerador y de la pieza de transición deben implicar diversas actividades. El mantenimiento regular incluye la reparación de la pintura (especialmente en el embarcadero) y la limpieza de la vegetación marina.

Trabajos más importantes pueden incluir reparaciones en las juntas de hormigonado (que serán poco probables en el futuro), la colocación de rocas para aumentar la protección contra la erosión y reparaciones intermitentes de las estructuras secundarias dañadas por las olas como escaleras, puertas, rejas y plataformas.

Otros sistemas instalados en la cimentación tales como la navegación de bajo nivel y señales lumínicas también será necesario su mantenimiento.

Retos y oportunidades:

- Herramientas y habilidades especializadas que pocas veces son necesarias en un parque eólico con gran volumen de capacidad operacional, resulta necesario la inversión en equipamiento específico.
- Asegurar la suficiente iluminación de navegación y la facilidad de suministro de las piezas de recambio.

6.12. Revisiones de los equipos de elevación, escalada y seguridad.

Las revisiones de los dispositivos críticos de seguridad, incluyen:

- Sistemas de sujeción
- Grúas pescantes



- Embarcadero y escaleras
- Verjas exteriores y barandillas
- Equipamiento exterior de evacuación.

Las revisiones deben ser realizadas por personal cualificado, ya sea como parte del mantenimiento del aerogenerador o por un equipo independiente de inspectores habitual.

La frecuencia de las revisiones será cada seis meses o anual, dependiendo del equipo.

Los simulacros y las prácticas en seguridad y salud deberían figurar de forma habitual durante las operaciones y el mantenimiento.

Retos y oportunidades:

- Es frecuente que la mayoría de los propietarios traten de formar a un número de técnicos propios para estas funciones, ya que son frecuentes pero que requieren tiempo mínimo.
- Los propietarios tratarán de realizar revisiones en los meses de verano para minimizar la probabilidad de retrasos por el clima.

6.13. SCADA y monitoreo de estado

El funcionamiento de un parque eólico depende del monitoreo del sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Está basado en ordenadores que permiten supervisar y controlar a distancia una instalación, procesos o sistemas de características variadas. Se utiliza para optimizar el rendimiento del parque eólico y, potencialmente, identificar fallos de los componentes. Además vigilancia 24/7 y ocasionalmente intervenciones manuales a distancia, lo que requiere personal dedicado al parque eólico.

Retos y oportunidades:

- Mejora de las instalaciones de monitoreo de estado y algoritmos para interpretar la aparición temprana de los fallos de componentes.
- El aumento del conjunto de datos de la energía eólica marina.





Ilustración 16 Sistema de monitorización, SCADA

6.14. SAP y Coordinación marítima.

La gestión y coordinación de las actividades del mantenimiento es importante para la seguridad y la eficiencia del parque eólico. Es necesario en el lugar, en todo momento, una persona autorizada sénior (SAP) con la responsabilidad coordinada para la conexión de todos los equipos de alta tensión.

La coordinación marítima implica un seguimiento 24/7 de las ubicaciones de todas las embarcaciones y personal dentro y en los alrededores del parque eólico marino, incluyendo la interpretación de las herramientas especializadas, tales como software de coordinación marítima.

Es imprescindible tomar decisiones sobre la prioridad de las actividades del mantenimiento programado o no programado en función de la previsión meteorológica.

Retos y oportunidades:

- Los parques eólicos marinos de mayor tamaño incrementarán el reto logístico.
- Impulsar los cables HVDC.



6.15. Pronóstico del tiempo.

Así como los aerogeneradores impactan en la producción de energía, las condiciones meteorológicas imperantes tienen un impacto muy sustancial en el O & M del parque eólico.

Las previsiones específicas diarias del lugar, de la velocidad del viento, oleaje, la presión atmosférica, la precipitación, la temperatura y la visibilidad (predicción futura de 96 horas), se utilizan para planificar las visitas de mantenimiento y otras actividades.

Retos y oportunidades:

- Mejora de la precisión de la influencia de los factores específicos del sitio.
- La incorporación de datos de retorno desde el sitio para mejorar las previsiones

6.16. Administración.

Al igual que con cualquier actividad comercial, una serie de tareas administrativas deben ser llevadas a cabo en apoyo al O & M de un parque eólico marino. Las diversas tareas incluyen la información financiera, las relaciones públicas, las adquisiciones, las piezas y gestión de stocks, gestión de Seguridad y Salud, control de los permisos de trabajo y administración general.

Además se debe llevar a cabo la formación y organizar las subcontratas. Algunas de las actividades tendrán que ser llevadas a cabo “in situ” en el puerto base, pero mucha parte administrativa puede llevarse a cabo desde una ubicación remota como la sede de la empresa.

Retos y oportunidades:

- El personal de mantenimiento del puerto base puede estar en una región remota o escasamente poblada.
- Asegurar locales adecuados.



7

PUERTOS Y LOGÍSTICA TERRESTRE



7. PUERTOS

7.1. Características Generales

En esta sección se pretende analizar el transporte de los equipos vinculados con la generación eólica marina hasta el emplazamiento. El transporte será de tipo marítimo, con barcos, por lo que es necesario ver cuáles son los puertos más próximos a la ubicación del proyecto marino. Es esencial un espacio de tierra adecuado para la entrega, posterior almacenaje y carga en los buques. El mismo debe tener las dimensiones e instalaciones necesarias para llevar a cabo el trabajo, así como también la accesibilidad para hacer llegar las piezas, de dimensiones considerables.

Las características mínimas del puerto que se empleará como hub, para el desarrollo de un parque eólico offshore, son las siguientes:

- 7 metros de profundidad de agua en marea baja.
- 137 metros mínimos de atraque.
- 40 metros de apertura en el canal del puerto.
- Ninguna limitación de altura en el puerto.

7.2. Logística en tierra

7.2.1. Camiones

El Tele PX Super Wing Carrier se creó porque los aerogeneradores son cada vez más grandes. Las palas giratorias que captan la energía del viento solían tener unos 25 metros de longitud se convirtieron en 50 metros y ahora miden casi 70 metros de un extremo a otro. Para estos casos, los semirremolques bajos extensibles ya no son una opción práctica.

No sólo era cuestión de aumentar la longitud del vehículo; había que modificar su estructura. La posición del centro de gravedad de estas largas palas podía provocar que el trailer volcase. Debido al aumento de longitud de éstas, también ha aumentado su anchura, e incluso tienen una forma algo diferente.



Normalmente se fabrican para zonas con un viento de baja velocidad, en las que la aerodinámica funciona de forma distinta. Durante el transporte, el centro de gravedad de las palas no está justo por encima del eje principal en el centro del remolque. Esto, sumado a que las palas están diseñadas para captar el viento, hace que los remolques que transportan estas palas tengan que fabricarse de tal forma que permanezcan totalmente rígidos ante las torsiones. Además, tienen que tener un peso muerto para garantizar que no se vuelcan cuando haya viento cruzado durante el transporte.



Ilustración 17 Camión Tele PX Wing Carrier.

7.2.2. Trenes

SNCF Geodis, el cuarto operador europeo de transporte de mercancías, dependiente de SNCF, la empresa encargada del transporte de viajeros en Francia (como la española Renfe) y la compañía danesa Vestas, principal proveedor de soluciones eólicas en el mundo, han sido los primeros en Europa en transportar por ferrocarril nueve palas de aerogeneradores de 55 metros de largo entre Alemania y Dinamarca. Para este transporte descomunal, cada pala se ha instalado en dos vagones planos. Éste es un sistema de carga novedoso desarrollado por la Société de Transports Spéciaux Industriels (STSI), una filial de la SNCF Geodis. Captrain Solutions, otra filial del grupo y proveedor de vagones especiales, es la encargada de organizar el transporte entre Alemania y Dinamarca, y han conseguido que la carga y descarga de las palas se realice en minutos.





Ilustración 18 Implementación de sistemas para el transporte de palas de ferrocarril.

7.2.3. Grúas.

En el sector eólico existe la posibilidad de contar con múltiples modelos de grúas específicamente pensados para las características exigidas en estos proyectos de construcción. De forma general podemos hacer la siguiente distinción de categorías de grúas para industria eólica:

Modelos de grúas para industria eólica telescópicas de 250 T:

- Liebherr LTM 1250/1
- Terex Demag AC 250-1

Modelos de grúas para industria eólica telescópicas de 400 T:

- Liebherr LTM 1400-7.1

Modelos de grúas para industria eólica telescópicas de 500 T:

- Liebherr LTM 1500-8.1

Modelos de grúas para industria eólica telescópicas de 700 T:

- Terex Demag AC 700

Modelos de grúas para industria eólica de celosía sobre cadenas de 300 T:

- Terex Demag CC 1800

Modelos de grúas para industria eólica de celosía sobre cadenas de 400 T:



- Liebherr LR 1400/2

Modelos de grúas para industria eólica de celosía sobre cadenas de 600 T:

- Terex Demag CC 2800-1 NT

Modelos de grúas para industria eólica de celosía sobre cadenas de 1.350 T:

- Liebherr LR 11350

Modelos de grúas para industria eólica de celosía sobre neumáticos de 600 T:

- Terex Demag TC 2800-1



Ilustración 19 Grupo de grúas realizando montaje de parque eólico en tierra.



Ilustración 20 Modelo grúa telescópica



Ilustración 21 Modelo grúa de celosía sobre cadenas



Ilustración 22 Modelo grúa de celosía sobre neumáticos



8

LOGÍSTICA MARINA



8. LOGÍSTICA

La logística es un punto clave del proyecto, que es independientemente del tipo de instalación y que influye de una manera directa en su diseño.

Este punto es clave para el cumplimiento de los plazos ya que sin una correcta logística, el proyecto se podría ver afectado, ya que el retraso de cualquier componente puede comprometer gravemente el proyecto.

La logística asociada a la fase de construcción implica también la posible modificación en las carreteras y accesos para el transporte de los materiales y componentes de la instalación hasta el puerto base de montaje. Además, puede ser necesaria la adecuación de explanadas para el acopio de los materiales y componentes. Finalmente, la preparación de las instalaciones portuarias, incluye el acondicionamiento de dársenas y muelles, la mejora de las propiedades geotécnicas del fondo marino para el apoyo de embarcaciones tipo Jack-up, el montaje de grúas con capacidad suficiente para la fase de construcción, etc.

Además de los medios de montaje, al igual que en el mantenimiento es importante considerarlas ventajas de tiempo con condiciones meteorológicas adecuadas para la ejecución de las obras, permitiendo establecer el calendario de los diferentes trabajos de construcción, que ha de ser óptimo económico (plazo y coste). Para ello, resultan fundamentales las condiciones de operatividad de los distintos medios del montaje, sus rendimientos, costes, etc.

8.1. Tipos de embarcaciones

Existe un mercado de sistemas de transporte e instalación dentro de los cuales cabría destacar:

- **MPI Offshore:** El sistema de instalación desarrollado por la empresa MPI Offshore consigue cargar en puerto hasta 9 máquinas parcialmente montadas y llevarlas hasta el lugar de instalación en un solo desplazamiento. Tal y como se muestra en la siguiente figura, el MPI resolution consigue cargar 9 torres disponiéndolas de tres en tres en una jaula triple, las cuales se montan una vez llegado al emplazamiento, a través del método de instalación “pala a pala”.





Ilustración 23 Buque para montaje de parques eólicos marinos, MPI Offshore.

- **A2sea:** Es una buena alternativa a la hora de realizar la instalación de aerogeneradores. La capacidad de transporte presentada por los barcos de esta empresa es de tres máquinas parcialmente montadas. La torre no se ensambla totalmente si no que se transporta dispuesta en dos partes, mientras que las palas se transportan ya unidas. Éstas se montan a su vez en el emplazamiento a través del método de instalación denominado como “rotor pre-ensamblado”.



Ilustración 24 Buque A2sea. Realizando montaje en alta mar.



8.2. Vehículos instaladores de cableado

8.2.1. Barcos

Dependiendo del cable se elige se selecciona la tipología de embarcación, el tipo de herramientas y el tipo de personal, ya que hay que escoger el más apropiado para cada operación:

BARCOS	
<p>CLV (“Giulio Verne”, “2Skager-rak”, “CLV Spider”, “CS Sovereign”, “Tesm Oman” etc)</p>	
<p>CLB (“Pontra Maris”, “CLB Explorer”, “Sea Spider”)</p>	

Ilustración 25 Barcos para instalaciones de cableado submarino.

8.2.2. ROV’s y herramientas

- Jetting.
- Ploughers, vertical injectors.
- Trenchers y cutters.
- Submarinistas y personal cualificado.



Ilustración 26 ROV (Remoted Operated Vehicle) Vehiculo Operado a distancia



8.3. Acceso



Ilustración 27 Principales sistemas de acceso.

La accesibilidad en un parque eólico marino juega un papel protagonista. Existen dos tipos de acceso:

8.3.1. Aire

El acceso por aire se realiza a través de una “cesta” de fibra situada al final de la góndola. Este tipo de sistemas de acceso tiene una ventana de operación mayor que la de los sistemas de acceso por mar, debido a que el helicóptero no se ve afectado por las olas. Por contrapartida, es un sistema de acceso mucho más caro y la capacidad de carga que posee es menor que los accesos por mar, por lo que se está reduciendo su nivel de uso.



Ilustración 28 Desembarco de equipo de mantenimiento en la góndola del aerogenerador



8.3.2. Mar

Este acceso se realizará a través de zonas de atraque y escaleras situadas sobre la pieza de transición de la estructura soporte en cada caso. Será necesario colocar tubos de acero a ambos lados de la escalera como prevención ante posibles caídas y protección contra ráfagas de viento, que también servirán para mantener la posición relativa de la embarcación mediante la sujeción de la proa.



Ilustración 29 Accesos. Parte inferior aerogenerador marino.

8.3.2.1. Tipos de embarcaciones de acceso

Para el acceso se pueden utilizar distintas embarcaciones con diferente estabilidad:

- Barcos de servicio o monohull
- Catamarán (baltec y windcats)
- SWATH

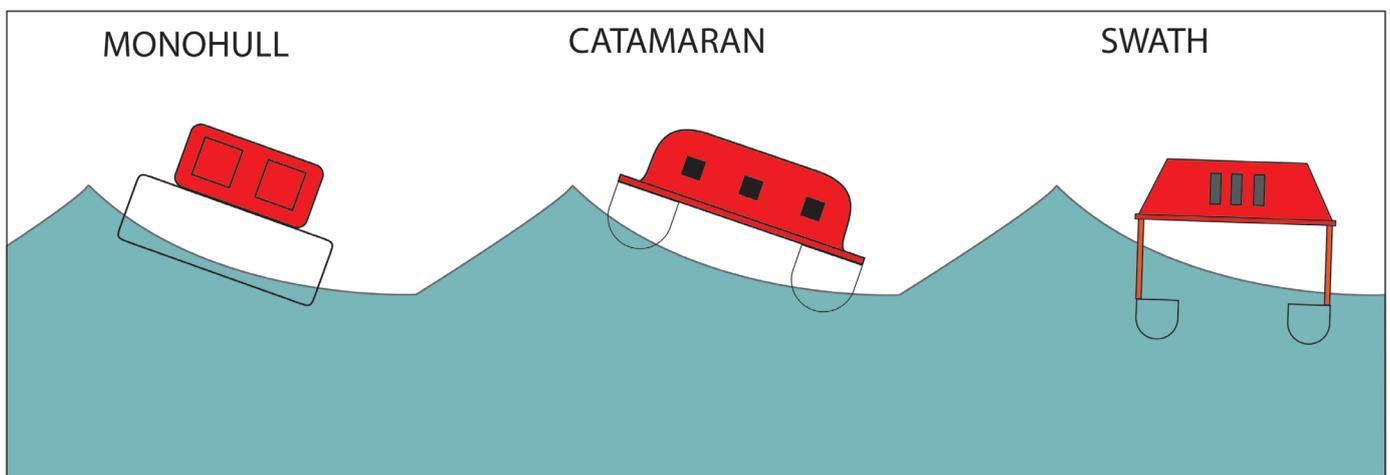


Ilustración 30 Tipos de embarcación de acceso.



Además de las diferencias en cuanto a estabilidad, también existen diferencias en la capacidad de carga de cada una de las embarcaciones, así como en la velocidad del viento y altura de ola a la que pueden operar.

8.3.2.2. Plataformas de acceso.

El acceso desde la torre al aerogenerador es especialmente complicado. Existen varios tipos de plataformas de acceso, que se pueden dividir en sistemas que compensan el movimiento de la embarcación y los que no lo hacen. Entre los sistemas compensados destacan:

- Ampelmann
- OAS (Offshore Access System)



Ilustración 31 Acceso mediante sistema Ampelmann

Entre los sistemas no compensados destacan:

- WIN FARM VESSEL
- Water Bridge (IHC)



Ilustración 32 Embarcación con sistema no compensado

8.3.3. Subestaciones Marinas

La subestación es la construcción más importante de un parque eólico offshore. En ella se reúne la electricidad generada por todos los aerogeneradores y, por medio de transformadores, se convierte en un nivel de alta tensión. Esto es necesario para permitir el transporte con las mínimas pérdidas posibles de corriente eléctrica a lo largo de grandes distancias hasta tierra firme.

Si hay algún defecto técnico en la plataforma de una subestación, se producirá un fallo en todos los generadores del parque eólico. Por lo tanto, los servicios de reparación y mantenimiento requieren un estándar especialmente cuidadoso y de gran calidad.



9

CLASIFICACIÓN DE RIESGOS LABORALES EN PARQUES EÓLICOS OFFSHORE



9. CLASIFICACIÓN DE RIESGOS LABORALES EN PARQUES EÓLICOS OFFSHORE

Según lo establecido en la Ley 31/1995 de 8 de noviembre sobre Prevención de Riesgos Laborales, las empresas están obligadas a efectuar un análisis o valoración de los riesgos, previa al inicio de sus trabajos. Por otra parte, como requisito del R.D. 1.627/1997 se establece la necesidad de analizar y evaluar los riesgos para los previsibles trabajos de la obra. Se trata de un trabajo previo necesario para la concreción de los riesgos previsibles durante la ejecución de los trabajos.

Esta fase tiene por objeto la valoración de cada uno de los riesgos en cada una de las fases de la obra, medidas de prevención a seguir, y equipos de protección individual a utilizar.

Emplea como criterio de estimación del riesgo la severidad del daño que produciría el riesgo en caso de concretarse y la probabilidad de que dicho daño se produzca. Esta fase es el eje de la acción preventiva, ya que requiere no sólo definir la estimación del riesgo en cuanto a su importancia sino también presentar las medidas preventivas para cada riesgo.

Para cada riesgo detectado en cada uno de las fases de la obra se tiene que realizar una estimación, determinando la potencial severidad del daño (sus consecuencias) y la probabilidad de que ocurra el hecho. Las variables son la severidad del daño y la probabilidad.

Ratio	Probabilidad (P)	Severidad (S)
1	Muy improbable	Lesión leve con cura en botiquín, (ninguna hora perdida).
2	Improbable	Lesión leve que requiera atención en centro asistencial, (hasta tres días de baja)
3	Posible	Lesión o enfermedad que requiera atención en centro asistencial con resultado de más de tres días de baja.
4	Probable	Lesión importante con ausencia a largo plazo o secuelas permanentes.
5	Muy Probable	Lesiones con resultado casi seguro de muerte.

Tabla 1 Clasificación de Riesgos Laborales en parques eólicos marinos



9.1. Riesgo eléctrico.

En los parques eólicos, la tensión máxima más habitual en B.T. es de 690 V, por lo que en estos casos el guante que habrá que utilizar será el de clase 0.

En España, las tensiones más habituales de los centros de transformación de cada aerogenerador son de 20 kV o 30kV. Por lo tanto, se usarán guantes de clase 3 en las instalaciones en las que la tensión nominal es de 20kV o de clase 4 en las instalaciones cuya tensión nominal sea de 30kV.

PREVENCIÓN DE RIESGOS

En materia preventiva de incendios todo entrenamiento, ejercicios e información son esenciales. Actuar de forma rápida, segura y mantener la comunicación, los roles de equipo y evitar que cunda el pánico puede salvar muchas vidas.

Se deberá detectar automáticamente la presencia de fuego en la turbina, avisar a las autoridades y dispararse sistemas de extinción automáticos. Manualmente se pueden emplear extintores si las circunstancias lo permiten.

Las rutas de evacuación estarán despejadas en todo momento.

Uno de los EPIs más importantes para la protección frente al riesgo eléctrico son los guantes dieléctricos.

En cada uno de los guantes se localizan una serie de inscripciones cuya interpretación y significado se recoge en la siguiente imagen:

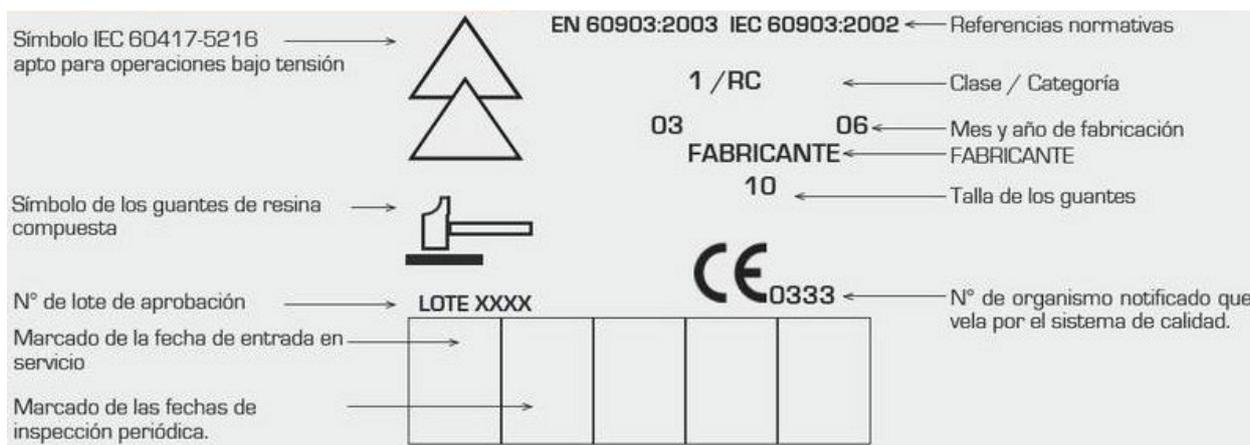


Ilustración 33 Marcados de guantes aislantes de protección



Clase	Tensión máxima V.Efectivo		Color Etiqueta
	Alterna	Continua	
0	500	750	
0	1000	1500	
1	7500	11250	
2	17000	25500	
3	26500	39750	
4	36000	54000	

Tabla 2 Clases de protección de guante

Condición peligrosa	Riesgo	Medidas preventivas	Nivel de riesgo final
Herramientas eléctricas, cuadros auxiliares y cables de potencia del aerogenerador.	Contactos eléctricos	Todos los equipos de trabajo deberán disponer de marcado CE, así como poseer certificado de conformidad. Todas las herramientas deberán encontrarse en buenas condiciones. Todas las herramientas deben encontrarse en buen estado, debiendo ser chequeadas antes de su uso. Puesta a tierra de aquellas máquinas que no dispongan de doble aislamiento.	2
Rayos	Descarga eléctrica	Quedan prohibidos los trabajos cuando exista riesgo de tormenta.	1
Riesgo eléctrico	Contactos eléctricos	La energía no se debe conectar al controlador antes de que todo el trabajo en el mismo termine.	2
Riesgo eléctrico y fuego	Contactos eléctricos y quemaduras	Cuando se vaya a trabajar en el área del transformador, desviar las líneas a tierra. Prohibido permanecer en la góndola cuando se energiza la turbina Solo el personal autorizado debe comprobar el transformador y el montaje del cable antes de suministrar energía.	2
Riesgo eléctrico y fuego	Contactos eléctricos y quemaduras	Todas las conexiones eléctricas deben ser chequeadas antes de su conexionado e inicio. Todas las puertas deberán quedar cerradas debido a posibles explosiones. Antes de trabajar con condensadores, estos deberán ser descargados.	2

Tabla 3 Valoración de situación de riesgo eléctrico



9.2. Riesgos asociados a incendio de aerogenerador

Condición peligrosa	Riesgo	Medidas preventivas	Nivel de riesgo final
Herramientas con emanación de calor, chispas...	Incendios	Todos los equipos de trabajo deberán disponer de marcado CE, así como poseer certificado de conformidad. Todas las herramientas deben encontrarse en buen estado, debiendo ser chequeadas antes de su uso. La utilización de estas herramientas debe estar bajo control del supervisor. Disponer a mano de medios de extinción en la utilización de estas herramientas. Prevenir el fuego haciendo uso de protectores o mantas ignífugas.	1

Tabla 4 Riesgo de incendio en aerogenerador.

Es importante valorar algunos efectos y consideraciones que se incluyen a continuación:

1. Las llamas y superficies a alta temperatura causan quemaduras graves.
2. Las inhalaciones de humos tóxicos pueden ocasionar la asfixia y muerte.
3. La mala combustión libera monóxido de carbono, muy tóxico.
4. Las explosiones y arcos eléctricos pueden causar daños muy graves.
5. Incluso el incendio más pequeño, en presencia de ventilación y materiales combustibles se propaga rápidamente. El efecto chimenea de la torre saturará el aire de humo en minutos.

A continuación se muestra una imagen sobre los sistemas fijos de extinción basados en agentes gaseosos que proporcionan una protección limpia contra incendios para la vida humana, los bienes y el medio ambiente. Existen otras técnicas de protección contra incendios con agentes no gaseosos, los cuales pueden provocar daños en los bienes a proteger y que por tanto no son aceptables en muchas aplicaciones.



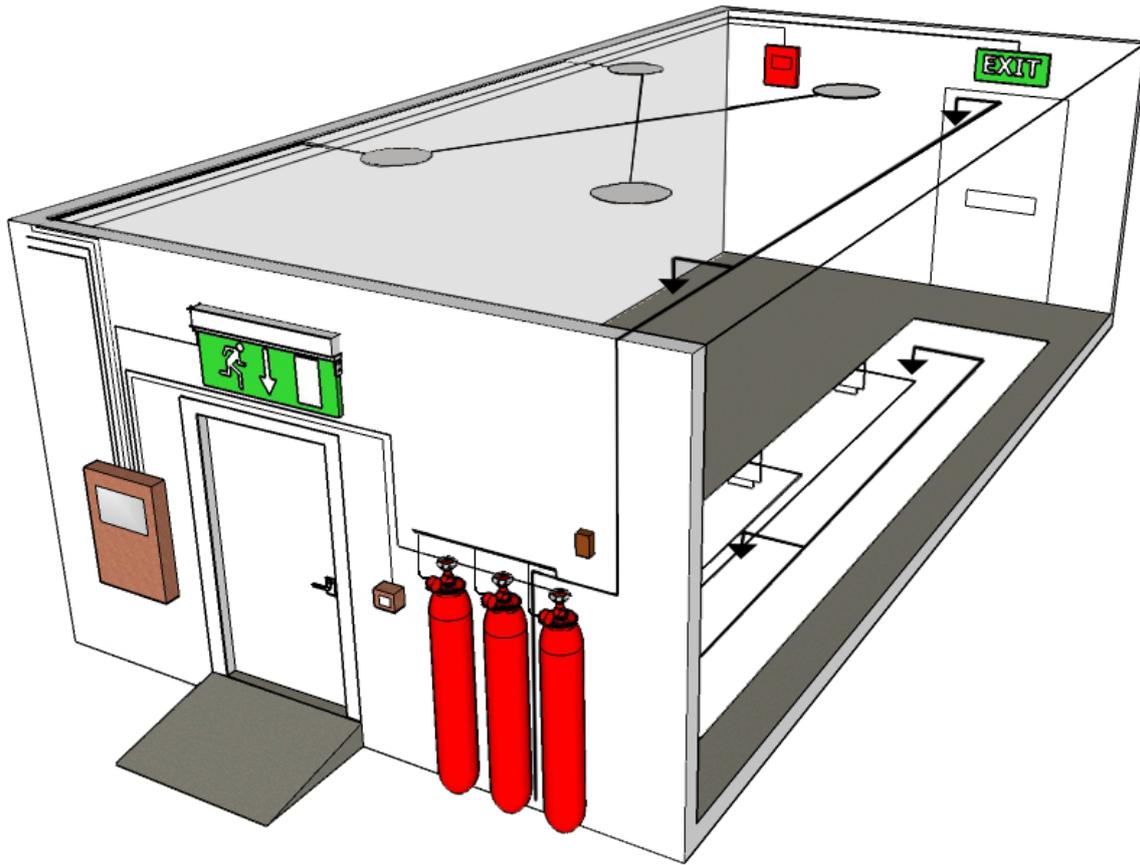


Ilustración 34 Modelo de extinción por gas.

En los parques off-shore se requiere un grado de fiabilidad y respuesta mayor, ya que se trata de equipos de un elevado coste tanto directo como de mantenimiento, y la paralización de los mismos por causas indebidas supone grandes pérdidas teniendo en cuenta la potencia de estos aerogeneradores. En la protección de estos elementos se han buscado las prestaciones por encima del coste.

Grado 0

Disponer un sistema de detección puntual de humos en ambiente, que en prealarma provoque la parada del equipo y en alarma la actuación de un sistema de extinción por aerosoles.

Se trata de un sistema barato, con muy bajo mantenimiento y fiable en la actuación, pero tardío. Conlleva la pérdida de los equipos en la góndola, pero evita con gran probabilidad que el aerogenerador termine en llamas.

Para adaptar y concretar estas propuestas es necesario realizar ensayos de funcionamiento de estos sistemas en las condiciones más similares a las de operación.



El sistema puntual requiere de la instalación de un detector en techo sobre cada uno de los equipos con riesgo de producir un incendio. Los detectores se conectan a una central analógica, que en modo normal aporta una información sobre la zona protegida que permite prever las maniobras de mantenimiento, y que pueden configurarse para que en detección simple provoquen la parada del aerogenerador y en modo de coincidencia provoquen el disparo del agente extintor, a través de los oportunos módulos de salida.

Las centrales del parque eólico se conectarán a un terminal gráfico que supervisará y controlará la información proveniente de las mismas.

Grado 1

Disponer una detección por aspiración láser, conectada a una central de extinción.

El tipo de detector de aspiración debe permitir la supervisión del mismo mediante web server. Esto permite conocer en tiempo real la situación en la zona de protección. El detector se conecta a una central de extinción, a través de sus salidas de relé. Estos elementos se sitúan en la base de la torre, para facilitar el mantenimiento. La central de extinción debe poder supervisarse y controlarse remotamente, por conexión IP, a un terminal de gestión, al que se conectarán el resto de centrales de un mismo parque eólico, y que también permitiría en caso necesario dar la orden de extinción de forma remota.

La central de extinción dará orden de disparo automáticamente en caso de alarma del detector de aspiración. Se empleará una extinción por agua nebulizada en ambiente. Los cilindros de almacenamiento se situarán en la góndola. Se instalarán uno o varios cilindros en función del espacio utilizable, pero el disparo de todos ellos será simultáneo.

Grado 2

Igual que la protección de grado 1, pero el detector láser será de doble visión, y adicionalmente a la extinción por agua nebulizada en ambiente se instalan protecciones por agente extintor fluorado en el interior de los equipos cerrados (si la estanqueidad de estos equipos no es muy buena, utilizar preferiblemente CO₂ o gas inerte en su lugar).

En el momento en el que se activa un detector (1), la válvula principal del sistema (3) se abre debido a la pérdida de presión de la cámara de cebado de la válvula de control de espumógeno recubierta de Halar (4), permitiendo su apertura simultánea haciendo que el espumógeno se introduzca en el sistema de ro-



ciadores. Al mismo tiempo, en el tanque de diafragma (5) se presuriza entre la pared interior del tanque y la membrana, lo que fuerza al espumógeno a que salga hacia el proporcionador (6). El paso de agua por la zona Venturi del proporcionador causa una caída de presión controlada que extrae el espumógeno y la mezcla con el agua en la proporción establecida. A partir de ese momento, la solución espumante pasa al sistema descargándose por las boquillas o rociadores abiertos (7).

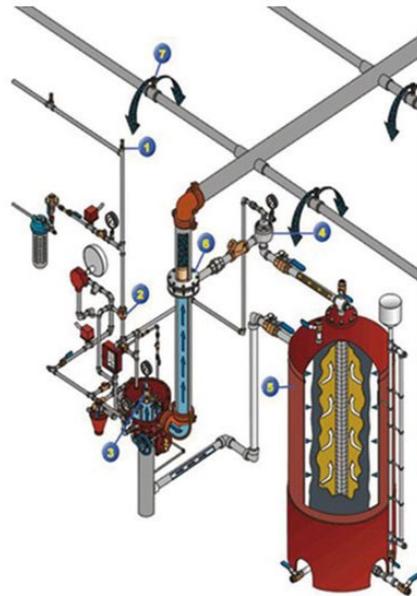


Ilustración 35 Depósito de válvulas de un sistema de extinción por espuma.

Incendios en aerogeneradores. ¿Cómo se evacua un aerogenerador?

En primera instancia, al enfrentarnos a la problemática del fuego en un aerogenerador hemos de tener claro que la premisa básica es la de salvaguardar la vida e integridad física de las personas que pudieran verse involucradas en este tipo de situaciones.

Se ha de considerar que un fuego en una instalación de producción de energía como es un aerogenerador conlleva ciertas particularidades que definen no solo la pauta de actuación y posible evacuación sino también los equipamientos necesarios para el combate de un fuego declarado y los medios y sistemas de detección y extinción preliminares que pudieran instalarse con el fin de minimizar o evitar el desarrollo de un principio de incendio.



Dichos sistemas y medios de detección y extinción preliminar deberán ser seleccionados teniendo en cuenta la presencia eventual de operarios y el cumplimiento de las exigencias mínimas de mantenimiento en funcionamiento de los mismos.

En lo que respecta a los potenciales focos de riesgo de incendio en un aerogenerador cabe señalar que son las propias actividades de mantenimiento las que en mayor medida pueden propiciar la generación de inicios de incendio, si bien los posibles orígenes pueden ser múltiples: fallos eléctricos, fallos mecánicos, fallo humano o negligencias, rayos, fuegos de origen químico.

Una vez generado el principio de un incendio en un aerogenerador y de no detenerse mediante los sistemas automáticos de extinción compatibles con la presencia humana, han de ser los propios trabajadores afectados los que tras dar la correspondiente alarma, y hasta la llegada de los servicios de emergencia, inicien la respuesta prevista en el plan de autoprotección. Así pues, han de optar en líneas generales por utilizar los medios manuales de extinción a su disposición para protegerse y combatir el fuego (mascarillas, extintores portátiles, etc) o por evacuar la máquina, bien en primera instancia o bien si los esfuerzos de extinción resultan infructuosos.

En cualquier caso, el primer enemigo al que ha de enfrentarse un trabajador en caso de incendio es el pánico, pánico que en un momento dado puede suponer que se obvian las medidas de seguridad que aunque haya un incendio siguen vigentes, como por ejemplo las relativas a la protección en altura o frente al riesgo eléctrico, o que obvie seguir las consignas recogidas en los protocolos de actuación en caso de emergencia por incendio.

El humo y las llamas son los otros dos enemigos a los que nos enfrentamos, y cuya presencia puede acarrear intoxicaciones más o menos severas, asfixias, quemaduras internas y externas, etc

El hecho es que la evolución de un fuego en un aerogenerador es ciertamente impredecible, si bien la particular tipología, configuración estructural y potenciales combustibles que se pueden encontrar en un aerogenerador dan pie a que el efecto chimenea facilite la rápida diseminación del fuego y del humo.

De no resultar satisfactorios los esfuerzos de extinción, la opción secundaria es la de la evacuación tal y como se mencionaba con anterioridad. En este sentido cabe distinguir dos situaciones básicas:



Fuego por encima o al mismo nivel del trabajador:

En este caso la evacuación se efectuaría a través de la escalera en dirección hacia la base del aerogenerador empleando los dispositivos anticaídas pertinentes y cerrando las trampillas de tal manera que éstas protejan el hueco de la escalera a modo de escudo de los posibles materiales que pueden desprenderse en altura fruto del fuego.

En el caso de elevadores de cremallera dotados de dispositivos de bajada manual en ausencia de tensión, el empleo del elevador para la evacuación hacia la base en caso de incendio habría de evaluarse en cada modelo concreto como una opción que pudiera ser viable.

Una vez en la base, los trabajadores abandonarían el aerogenerador por la puerta de acceso cerrándola si es posible tras de sí para minimizar el efecto chimenea, con la idea de trasladarse al punto de reunión prefijado en caso de emergencia evitando que pueda alcanzarles cualquier objeto que pueda precipitarse desde la parte superior del aerogenerador.

Desde el momento que los trabajadores alcancen la plataforma exterior de acceso deberán esperar para ser transferidos a la embarcación de rescate o bien en último caso y en ausencia de ésta procederían a emplear las balsas salvavidas de emergencia y los trajes de inmersión para evacuar el aerogenerador.

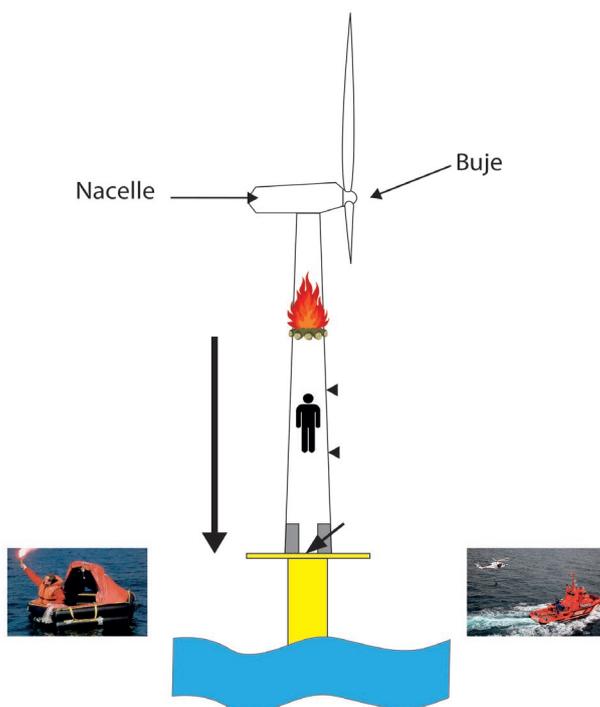


Ilustración 36 Fuego por encima o al mismo nivel del trabajador en aerogeneradores offshore.



En el caso de que el fuego se presente en la góndola, buje y o palas con personal al mismo nivel en dichos habitáculos, y de no ser satisfactorios los esfuerzos de extinción, se desaconseja el empleo de descensores de emergencia automáticos y/o manuales ya que la evacuación del personal puede verse comprometida por la destrucción del sistema de evacuación antes de que el trabajador logre llegar a la base del aerogenerador con el consiguiente peligro de que se precipite desde gran altura con consecuencias fatales, dada la rapidez con la que suelen progresar los fuegos a estos niveles en máquina.

La evacuación se haría por el interior del tubo tal y como se ha descrito con anterioridad.

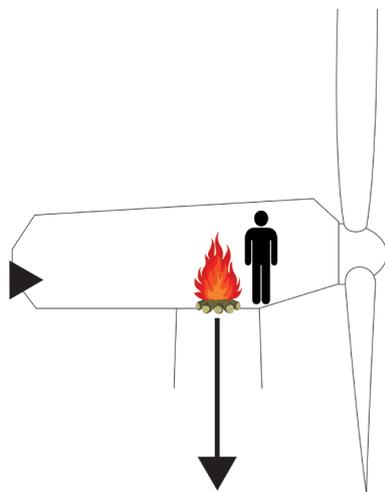


Ilustración 37 Fuego en góndola con operario.

Fuego por debajo del nivel del trabajador:

En este caso la opción más conservadora es la de evacuar la máquina ascendiendo hasta góndola utilizando los dispositivos anticaídas establecidos para el ascenso por escalera y si se disponen de ellos utilizando los medios de protección pertinentes que ayuden a combatir la presencia de humo (mascarillas).

La opción de atravesar el fuego descendiendo es a priori mucho más arriesgada, si bien puede ser viable en ciertas circunstancias.

Una vez en góndola, el trabajador procedería a la evacuación por el exterior del aerogenerador con el descensor de emergencia manual o automático hasta la base del mismo. Posteriormente se trasladará a punto de reunión prefijado en caso de emergencia evitando que pueda alcanzarle cualquier objeto que pueda precipitarse desde la parte superior del aerogenerador.



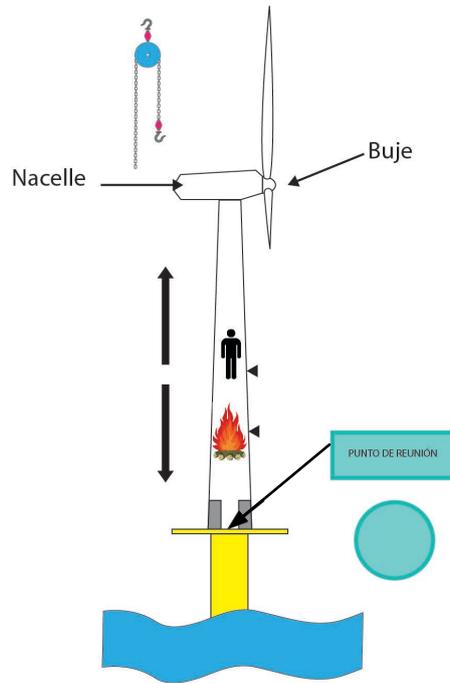


Ilustración 38 Fuego por debajo del trabajador.

Otra opción es que desde el techo de góndola, se proceda a la extracción-evacuación mediante medios aéreos de rescate, si bien esto puede ser inviable por falta de tiempo o por posibles problemas que se planteen a los helicópteros de rescate (falta de visibilidad, vientos, etc.).



9.3. Riesgo mecánico, atrapamiento y golpes

A continuación se presenta una tabla indicando las condiciones peligrosas que pudieran darse en una situación de riesgo mecánico, atrapamiento y golpes:

Condición peligrosa	Riesgo	Medidas preventivas	Nivel de riesgo final
Ingestión de bebidas alcohólicas	Aumento de posibilidad de sufrir accidentes.	Queda prohibida la ingestión de todo tipo de bebidas alcohólicas.	1
Medios auxiliares inadecuados	Caídas a diferente nivel	Todos los equipos de trabajo deberán disponer de marcado CE, así como poseer certificado de conformidad. El montaje de medios auxiliares, su uso y mantenimiento será realizado de acuerdo a las instrucciones del fabricante.	1
Cargas suspendidas	Caída de objetos en manipulación	Todas las herramientas de elevación deberán ser inspeccionadas antes de su uso, y todo el equipo deberá disponer marcado CE y certificado de conformidad. Hacer uso en todo momento de los equipos de protección, casco y calzado de seguridad, así como de chaleco reflectante. Todo el personal involucrado en la manipulación de material mediante grúa deberá mantenerse en contacto directo. El manejo de la grúa se llevará a cabo por personal cualificado. Supervisión de los trabajos por personal competente. Las grúas deberán estar al corriente de todas las inspecciones. El personal no involucrado en dicha tarea deberá situarse fuera del radio de acción de los trabajos. No se izarán cargas por encima de las velocidades límite de viento establecidas para la grúa y como norma general no se sobrepasarán los 16 m/s.	2



Herramientas neumáticas, hidráulicas	Explosiones	Todos los equipos de trabajo deberán disponer de marcado CE, así como poseer certificado de conformidad. Todas las herramientas deberán encontrarse en buenas condiciones. Todas las herramientas deben encontrarse en buen estado, debiendo ser chequeadas antes de su uso. Realizar mantenimiento periódico de las mismas.	2
Falta de iluminación	Aumenta posibilidad de sufrir accidentes	Cuando se desarrollen, el lugar de trabajo deberá tener unas condiciones de iluminación adecuadas para que el trabajo se haga de forma segura.	2
Caídas de objetos y herramientas	Impactos sobre personal.	Quedarán prohibidos los trabajos superpuestos. Mantener a las personas ajenas a la obra fuera del área de instalación. Usar en todo momento equipos de protección tales como casco y calzado de seguridad. Hacer uso de accesorios portaherramientas de manera que se evite la caída de las mismas.	2
Desorden y falta de limpieza	Choques, golpes o cortes contra objetos.	Mantener el orden y limpieza en toda la extensión de la actuación, durante el transcurso de la misma.	2
Giro descontrolado del rotor	Riesgo importante para el personal.	Durante las tareas de mantenimiento del buje se debe impedir su rotación mediante el dispositivo de bloqueo.	2
Uso de herramientas manual: Llave de apriete eléctrica.	Exposición a ruido	Utilizar protección auditiva durante las operaciones de reapriete de pernos.	2
Uso de máquina Hytorc: apriete hidráulico	Atrapamiento de manos y dedos. Inyección de aceite.	Cuidado donde se sitúan las manos cuando se hace el apriete hidráulico. No situarlo en el vaso o en el útil.	4



Dispositivos a alta presión	Impactos, golpes, proyecciones....	Hacer uso gafas de protección, realizando los trabajos sin presión. No cambiar accesorios de los equipos bajo presión.	1
Partes rotativas	Impactos, golpes, proyecciones....	Todas las protecciones deben de estar colocadas correctamente antes de poner en marcha la turbina. Mantener distancia de seguridad en casos especiales de rotación de la turbina sin protección (ensayo/prueba de máquinas).la turbina sin protección (ensayo/prueba de máquinas).	1

Tabla 5 Riesgos mecánicos, atrapamiento y golpes.

Riesgo químico.

La importancia de conocer qué productos químicos estamos manipulando y saber actuar en caso de accidente, son factores determinantes en una instalación eólica marina.

Además, es de vital importancia formar al personal en el uso correcto de los EPI's, revisar el correcto estado de dichos EPI's antes de cada uso, conocer los riesgos de los productos que empleamos y extremar las precauciones en su empleo para evitar accidentes con el manejo de agentes químicos abrasivos, aceites y otros fungibles utilizados durante el mantenimiento del aerogenerador.



9.4. Riesgos asociados durante la realización de trabajos en alturas y verticales. Caída de trabajador al mar y rescate de emergencia.

La inmersión subsiguiente, por sí misma y sin que concurran daños físicos derivados de la propia caída, constituyen una situación de emergencia donde la rapidez en el rescate y la actuación correcta del accidentado se hacen vitales.

Además del riesgo de ahogamiento, hay que añadir el riesgo de hipotermia por permanencia prolongada en el agua.

Tanto en la fase de construcción como en la de operación y mantenimiento de un parque eólico offshore son múltiples los trabajos y actividades que potencialmente pueden derivar en una caída al agua desde las propias máquinas, desde los vehículos de transferencia de personal, desde los buques de montaje, etc.

Condición peligrosa	Riesgo	Medidas preventivas	Nivel de riesgo final
Trabajos en altura.	Caída de altura.	Los peldaños de la escalera no se utilizarán como punto de anclaje. Hacer uso de la línea de vida instalada. Hacer uso de arnés de seguridad junto con los dispositivos de seguridad instalados.	3
Trabajos en el buje.	Atrapamiento, caída de altura.	Se bloqueará la rotación del rotor por medio del bulón de seguridad. Se bloqueará el sistema de rotación del pitch. No se entrará al buje con velocidades de viento superiores a 15 m/s. Hacer uso de arnés de seguridad para evitar caídas.	3
Trabajos desde buje y palas, colgados. Trabajos verticales para mantenimiento externo del aerogenerador.	Caída desde altura.	El personal trabajará anclado a la góndola por medio de absorbedor y chaleco-arnés anticaídas con disipador que dispondrá de marcado CE y certificado de conformidad, así como sujeción para realización de trabajos verticales y usará casco de seguridad.	3

Tabla 6 Riesgos asociados durante la realización de trabajos en alturas y verticales



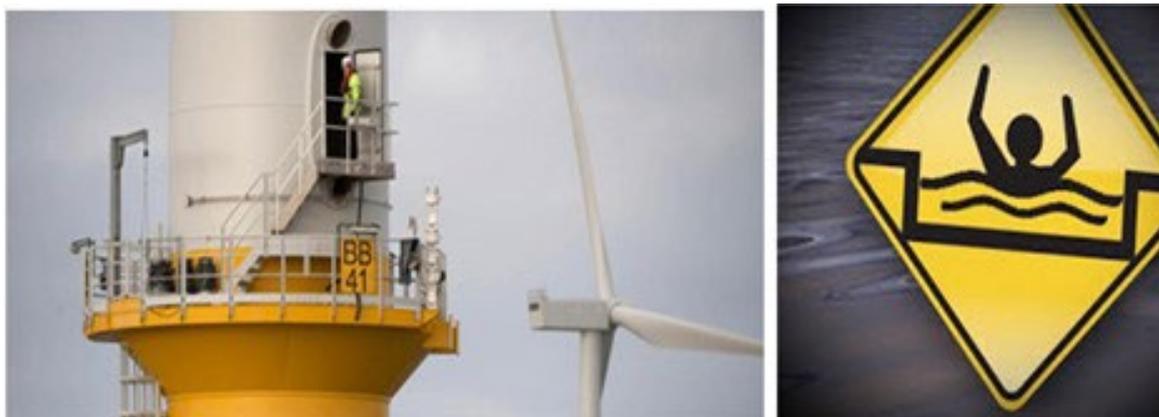


Ilustración 39 Riesgo de ahogamiento en parque eólico marino.

A nivel preventivo son varias las consignas que han de seguirse con el fin de evitar este tipo de sucesos:

- En primer lugar y de manera básica cabe recalcar que en todo momento han de respetarse de manera especial los procedimientos de transferencia de personal establecidos desde embarcación y/o helicóptero a aerogenerador y viceversa.



Ilustración 40 Transferencia del personal de barco al aerogenerador.

- En términos generales los trabajadores han de emplear los chalecos salvavidas y sistemas anticaídas adecuados siempre y cuando se salga a la cubierta de cualquier tipo de embarcación, se protagonicen operaciones de transferencia con helicóptero, y se acceda a plataforma exterior del aerogenerador o se lleven a cabo trabajos verticales exteriores en la máquina. En todo caso, usar siempre ambos elementos en caso de mal tiempo ya que esta variable meteorológica es la desencadenante de muchas de estas circunstancias.



- Así mismo es necesario reseñar que los diferentes elementos de anclaje han de verificarse periódicamente para comprobar su buen estado.
- El calzado empleado por los trabajadores ha de ser antideslizante.
- Sobre cubierta o plataformas exteriores no se ha de correr y éstas han de mantenerse expeditas y libres de objetos que pudieran entorpecer el paso y ser causa de caídas.
- Los trabajadores han de emplear ropa impermeable a nivel exterior y multicapas a nivel interior de baja termo conductividad para prevenir y retrasar los efectos de una posible hipotermia por inmersión.
- En principio se ha de evitar hacer necesidades fisiológicas por la borda o desde plataformas exteriores del aerogenerador, y de no poder evitarse se deben tomar las debidas medidas de seguridad amarrándose.
- En caso de trabajos en cubierta, en plataforma exterior y/o en trabajos verticales se han de vigilar en todo momento posibles golpes de mar.
- En caso de trabajos en cubierta se ha de vigilar en todo momento posibles movimientos intempestivos de dicha embarcación
- Se ha de disponer de un sistema de alarma rápido y eficaz que permita desencadenar el protocolo de emergencia de hombre al agua inmediatamente después de que se dé la circunstancia.

9.5. Riesgos asociados al traslado de trabajadores hasta la plataforma del aerogenerador (embarcación y helicóptero).

En este apartado destacar que los riesgos son principalmente la caída de trabajador al mar, bien desde embarcación como desde medios aéreos, helicópteros. Por ello la importancia de la formación del trabajador mediante cursos específicos que les cualifique para la realización de trabajos en ambientes offshore. Estar en posesión del BOSIET (Basic Offshore Safety Induction and Emergency Training) será requisito imprescindible.

Además de la obligatoriedad del curso que cualifique a los operarios del parque eólico offshore, BOSIET, será de obligado cumplimiento las normas de trabajo y equipos de protección individual para tales fines (chaleco-arnés, trajes adecuados al medio, balsas salvavidas, etc.).





Ilustración 41 Chaleco arnés.

9.6. Riesgo asociado al descenso de emergencia desde aerogenerador offshore.

En los descensos de emergencia que pudieran efectuarse desde la góndola en aerogeneradores offshore se plantea una problemática que marca un hecho diferencial con las evacuaciones análogas que pudieran efectuarse desde aerogeneradores onshore. Esta problemática gira en torno a la superficie a la cual terminarían por llegar los evacuados. Caben 3 opciones:

- Agua
- Cubierta embarcación de rescate.
- Plataforma inferior exterior del propio aerogenerador.

La opción de inmersión en el agua comportaría una subsiguiente situación de emergencia por hombre al agua. Así pues, esta alternativa deberá de ser evitada siempre y cuando sea posible.

Otra opción sería la de llegada a cubierta de embarcación de rescate. Esto elimina los posibles riesgos que pudieran derivarse de la no evacuación del aerogenerador y de la permanencia (aunque sea temporal) en plataforma inferior exterior de acceso a máquina. No obstante esta opción plantea ciertos problemas e incertidumbres: posibilidad real de llegada a tiempo de la embarcación de rescate, condiciones marinas que puedan dificultar la aproximación (viento, corrientes, oleaje, visibilidad directa, etc.), posicionamiento de la embarcación y maniobra de recepción del evacuado, riesgo de caída y consiguiente impacto de materiales que puedan desprenderse de aerogenerador en caso de incendios desde cota superior, etc.

La última de las opciones, sería la de llegada del evacuado a plataforma inferior exterior del propio aerogenerador. Esta posibilidad que a priori pudiera resultar evidente no lo es tanto.



En muchos diseños de máquina que actualmente están en servicio este hecho no se ha tenido en cuenta de tal manera que las vías de evacuación dispuestas desde la góndola no garantizan que el evacuado consiga llegar a dicha plataforma, ya que el punto de salida con el descensor no se encuentra en la vertical de la plataforma inferior exterior dadas las dimensiones de la misma. En el mejor de los casos y en función de cómo pudiera estar orientada la máquina y de la velocidad del viento, en algunos diseños, el evacuado sí que puede llegar a aterrizar en dicha plataforma.



Ilustración 42 Distintas tipologías de plataformas exteriores en base en aerogeneradores offshore.

Así pues en ausencia de embarcación de rescate y de verificarse un descenso, lo más probable es que el operario termine en el agua con el consiguiente riesgo ya que no dispondría de traje de supervivencia. Estos trajes de supervivencia junto con balsas de supervivencia marina deberían de estar a disposición de los trabajadores en la plataforma exterior inferior del aerogenerador para que en caso de ser inviable la estancia tras escape desde la góndola en esta plataforma exterior inferior del aerogenerador, los operarios efectuasen una evacuación de emergencia de la instalación con estos elementos, para posteriormente recibir ya en el agua la ayuda de los medios aéreos o de las embarcaciones de rescate.



Ilustración 43 Balsa de supervivencia.



9.7. Riesgos asociados a la meteorología

A continuación , se presenta una tabla indicando los riesgos asociado a condiciones peligrosas que pudiesen acarrear la meteorología.

Condición peligrosa	Riesgo	Medidas preventivas	Nivel de riesgo final
Viento	Proyección de fragmentos o partículas	Hacer uso de equipos de protección individual (gafas protectoras). Velocidad máxima de trabajo en la turbina 16 m/s	1
Frío y Calor, Lluvia, Nieve	Exposición a temperaturas extremas	Hacer uso de ropa adecuada, de acuerdo a las condiciones ambientales así como equipos de protección correspondientes, (Trajes de agua...)	1
Formación de hielo en palas y góndola	Caída de fragmentos de hielo sobre el personal.	Hacer uso de equipos de protección individual (casco y calzado de seguridad). Mantenerse en zonas y/o a distancia de seguridad que no alcance los fragmentos de hielo.	2
Rayos	Contactos eléctricos	Quedan prohibidos los trabajos cuando exista riesgo de tormenta .	1

Tabla 7 Riesgos asociados a la meteorología.

Riesgos asociados a trabajos en espacios confinados. Interior de buje y palas.

En los trabajos en Espacios Confinados se tendrán en cuenta las siguientes pautas de actuación:

EL TRABAJADOR QUE ACCEDE AL INTERIOR DEL ESPACIO CONFINADO:

- Debe conocer los peligros del área y señales físicas de exposición (Por ejemplo: la falta de oxígeno que puede causar la pérdida de control muscular, confusión mental, dificultades de respiración, la noción falsa de sentirse bien, timbres en los oídos y la muerte).
- Utilizará escrupulosamente los equipos de protección personal requeridos.
- Se mantendrá en contacto permanente con el Auxiliar de Rescate.



- Siempre estará listo para evacuar el recinto rápidamente.
- Si nota que está en peligro, evacuará el recinto y avisará al responsable.

EL TRABAJADOR SITUADO EN EL EXTERIOR O AUXILIAR DERESCATE:

- Debe conocer los peligros que existen en el área y las señales físicas de exposición.
- Se mantendrá en su puesto para observar las condiciones y apoyar al/los trabajador/es del interior del recinto.
- Se mantendrá en contacto continuo con el/los trabajador/es dentro del recinto.
- Se asegurará de que únicamente los trabajadores autorizados entran en el recinto o en los alrededores del mismo.
- Ordenará la evacuación de los trabajadores en cualquiera de las siguientes condiciones:
 - * Si observa una condición que no esté permitida en el permiso de entrada.
 - * Si observa que cualquiera de los operarios tiene síntomas de exposición.
 - * Si observa algo fuera del área de permiso que pudiera causar un peligro dentro del espacio confinado.
 - * Si debe abandonar el lugar de trabajo para rescatar a los operarios en otro recinto.

9.8. Anexo: procedimiento de evaluación de riesgos.

El procedimiento de evaluación y planificación empleado nace de modelos de evaluación de riesgos propuestos por organismos de reconocido prestigio tales como el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

Este procedimiento se apoya simultáneamente en la utilización de dos bloques claramente diferenciados.

Probabilidad que se produzca toda la secuencia del accidente		Valor
Muy alta	Es muy probable que se produzca inmediatamente	5
Alta	Es probable que se produzca en un período de tiempo corto	4
Moderada	Es probable que se produzca a medio plazo	3
Baja	Es posible que se llegue a producir	2
Muy baja	Es improbable que se llegue a producir	1

Tabla 8 Probabilidad que se produzca toda la secuencia del accidente.



Severidad de las consecuencias		Valor
Muy alta	Puede causar la muerte o gran invalidez	5
Alta	Puede causar lesiones importantes invalidantes	4
Moderada	Puede causar lesiones no invalidantes	3
Baja	Puede causar pequeñas lesiones con baja	2
Muy baja	Puede causar pequeñas lesiones sin baja	1

Tabla 9 Severidad de las consecuencias.

Grado de Peligrosidad = Probabilidad (P) x Consecuencias (R)

Valor	Grado de peligrosidad del riesgo	Prioridad en la actuación
≤ 5	Muy bajo	5- Preciso corregirlo
6 a 10	Bajo	4- Preciso corregirlo pronto
11 a 15	Moderado	3- Corregirlo rápidamente
16 a 20	Alto	2- Corregirlo de inmediato
≥ 21	Muy alto	1-Es preciso para la actividad, los trabajos

Tabla 10 Prioridad en la actuación ante el peligro.



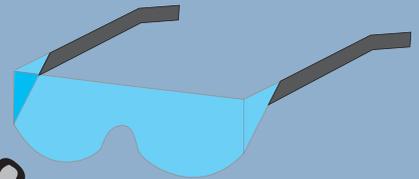
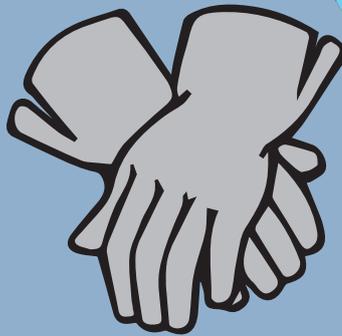
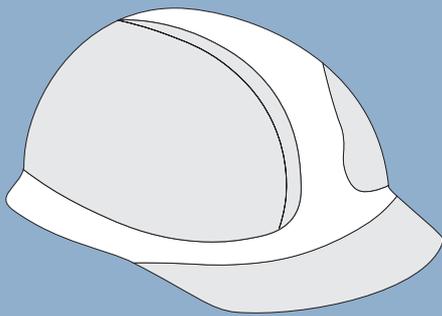
Probabilidad Consecuencia	Muy Baja	Baja	Moderada	Alta	Muy Alta
Muy Baja	1	2	3	4	5
Baja	2	4	6	8	10
Moderada	3	6	9	12	15
Alta	4	8	12	16	20
Muy Alta	5	10	15	20	25

Tabla 11 Probabilidad y Consecuencia del peligro.



10

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL, EPIS: MPPRLI



10. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL, EPIS: MPPRL I

Se entiende por Equipo de Protección Individual (EPI) a cualquier equipo o ropa de trabajo destinados a ser llevado o sujetados por el trabajador para que protejan de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

La protección individual es la técnica que tiene por misión proteger a la persona de un riesgo específico procedente de su ocupación laboral.

La utilización de equipos de protección individual es el último recurso que se deberá tomar para hacer frente a los riesgos específicos, debiéndose recurrir a ella solamente cuando se hayan agotado todas las demás vías de prevención de riesgos, es decir, cuando no se hayan podido evitar o limitar suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

10.1. Elección de EPI:

Para elegir el equipo de protección individual, se deberán seguir los siguientes pasos:

- Localización del riesgo: se identificarán los riesgos concretos que afectan al puesto de trabajo y que no se puedan evitar. Esta identificación será fruto de inspecciones de seguridad, observaciones planeadas, controles ambientales, análisis de accidentes, etc.
- Definición de las características del riesgo: una vez identificado el riesgo se deberá analizar y comprobar la mejor manera de combatirlo. Se debe pensar que cada riesgo tiene unas características propias y que frente al mismo es necesario adoptar un tipo de protección.

Determinación de las partes del cuerpo del individuo a proteger:

- Protección de la cabeza. En aquellos puestos o lugares donde exista peligro de impacto o penetración de objetos que caen o se proyectan.
- Protección de los ojos. En aquellos puestos o tareas que presenten un peligro de proyección de objetos o sustancias, brillo y radiaciones directas o reflejadas.
- Protección de oídos. Cuando exista exposición a ruido que exceda de un nivel diario equivalente de 80 dBA o de un nivel de pico de 140 dB.



- Protección de las vías respiratorias. En aquellos lugares en los que exista un peligro para la salud por exposición a alguna sustancia tóxica o por falta de oxígeno del aire.
- Protección de manos. En las operaciones en que exista peligro de cortaduras, o donde se manipulen sustancias agresivas tóxicas.
- Protección de pies. En lugares donde exista peligro de impactos sobre los pies o presencia de objetos punzantes.

10.2. Sistemas líneas de anclaje

Se entiende por líneas de sujeción o líneas de vida, los sistemas anti caídas que instalados de forma provisional o de forma permanente evitan la caída al vacío de la persona que se conecta a la misma, ya sea en planos verticales, horizontales o inclinados.

10.3. Líneas de vida fijas

Las líneas de vida (anclaje) verticales fijas deben cumplir los requisitos de la norma CE EN 353-1 Dispositivos Anti caídas deslizantes con línea de anclaje rígida. Esta Norma especifica los requisitos, los métodos de ensayo, las instrucciones de uso y el marcado de los dispositivos anti caídas deslizantes sobre línea de anclaje rígida generalmente fijada o incorporada a escaleras o a sistemas de elevación adecuadamente fijados en estructuras apropiadas.

Los dispositivos anti caídas deslizantes que cumplen esta Norma se utilizan en sistemas anti caídas especificados en la Norma EN 363 junto con los arneses anti caídas especificados en la Norma EN 361.

Las líneas fijas pueden ser de tres tipos:

1. Cable metálico de 8 ó 10 mm.
2. Raíl galvanizado, aluminio o acero inoxidable.
3. Escalera metálica con raíl incorporado.



Dichas líneas consisten, esencialmente, en una línea de anclaje y un dispositivo de bloqueo automático. Puede ser un raíl o un cable metálico EN 354, este último tendrá como mínimo 8 mm, o una dimensión que proporcione una Seguridad equivalente (los casquillos embutidos de los terminales de enganche deben ser manufacturados).

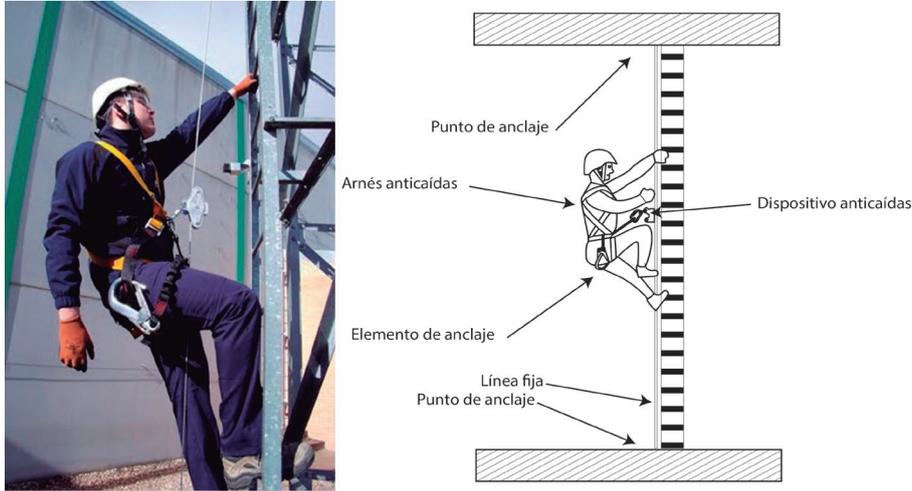


Ilustración 44 Líneas de vidas fijas. Raíl galvanizado, cable metálico y escalera metálica.

Estos dispositivos, de acuerdo con su funcionalidad, deberán reunir unas características tales que, cuando sean usados correctamente, permitan:

- Detener la caída del usuario.
- Limitar el recorrido efectuado por el usuario durante la caída.
- Reducir la fuerza originada en la caída a valores soportables por el cuerpo humano.

Estas características generales deben cumplirse siempre, incluso después de largos periodos de uso. Su mecanismo no podrá permitir que una intervención casual del usuario pueda restar eficacia en caso de caída. Está prohibida la ascensión a cualquier estructura que no tenga instalada una línea de vida, sin la utilización alternativa de dos absorbedores de energía o uno con anclaje doble en Y (para evitar estar sin sujeción durante dicha ascensión).



Cuando ensayamos una caída con un peso estándar de 100 kg, la fuerza de frenado no debe exceder de 6,0 kN y la distancia o recorrido de parada no debe exceder de 1 metro excluyendo los alargamientos del arnés anti caída y de su elemento de enganche. La pieza de plástico que conforma el elemento de anclaje dorsal del arnés anti caídas, se desplaza en caso de caída hasta 15 cm atenuando el impacto de caída (no sustituye a un absorbedor de energía).

Es muy importante que cualquier incidente o caída, impactos, cargas, choques, etc., debe comunicarse inmediatamente al supervisor cualificado del Sistema (estructura, línea de vida, etc.). Éste realizará una inspección evaluando los daños, si los hubiera, y determinará las actuaciones a realizar.

10.4. Dispositivos y equipos de seguridad

- **Arnés anti caídas.**

Podrá utilizarse cualquier modelo homologado (EN 361; con marcado CE 0158 o CE 0299) para el trabajo a realizar. Sin embargo, para poder “posicionarse” o realizar tareas de rescate, deberá tener las hebillas de enganche laterales.



Ilustración 45 Arnés anti caídas. ANTEC ENERGY PREMIUM.



- **Chaleco-arnés para trabajar en aerogeneradores offshore**

Las hebillas laterales están diseñadas únicamente para ser utilizadas con un posicionador. Está totalmente prohibido utilizarlas para enganche del dispositivo anti caídas o del absorbedor de energía, ya que en caso de caída, se podrían producir lesiones.

Es imprescindible leer las instrucciones de uso que deben ir obligatoriamente con cada arnés antes de usarlo.



Ilustración 46 Arnés anti caídas con chaqueta V53 Offshore.

- **Dispositivo anti caída deslizante.**

Aparato o sistema que se desliza por la línea y que se bloquea en caso de caída parando a la persona que la utiliza. Este aparato debe tener dos sistemas de apertura y dos sistemas de cierre de Seguridad, debe acompañar al usuario durante los desplazamientos a lo largo de línea.



Ilustración 47 Dispositivo anticaídas deslizante. De acero.



- **Elemento de disipación de energía.**

Este disipador podrá ser incorporado a un dispositivo anti caídas (bloque retráctil EN-360), a un elemento de amarre (cuerda, cinta, cable EN 354) o a una línea de anclaje (EN 353-1).

Tal como se ha indicado antes, será obligatoria la utilización de dos absorbedores (o uno doble en Y) para ascender a estructuras que no dispongan de línea de vida o elementos de seguridad alternativos.

Los dos absorbedores se deberán utilizar alternativamente, pero anclando uno antes de soltar el otro, para evitar estar en un momento dado sin anclaje.

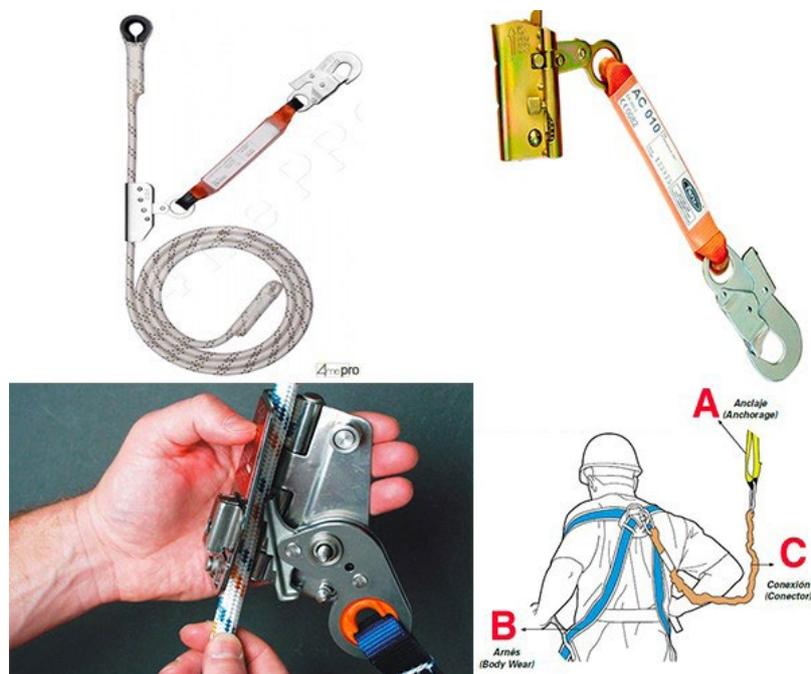


Ilustración 48 Conjunto de Dispositivos de protección anti-caídas.

El posicionador sirve para “fijarse” a la estructura de la torre sin necesidad de sujetarse con las manos. Para ello, deberá colocarse de tal forma que en caso de resbalón detenga la caída al instante, y no resbale por la estructura. Es por ello que podrá utilizarse para ayudarse en el ascenso, pero en ningún caso para suplir a los absorbedores.





Ilustración 49 Posicionador o cuerda de anclaje.

- **Casco de seguridad**

El uso del casco de seguridad será obligatorio siempre que hayan trabajos verticales.

En caso de trabajos en altura, será obligatorio su uso con barbuquejo para evitar la posible caída del casco. No todo casco es apto para el trabajo en alturas o para el desempeño de trabajos verticales.

También en ciertos cascos, el casco puede proteger frente a proyecciones de metal fundido ó frente a riesgos eléctricos.



Ilustración 50 Casco de seguridad.



- **Mosquetones y ganchos**

Hay muchos modelos diferentes, pero en todos los casos, deberán tener un cierre con doble sistema de seguridad. En los casos en que el sistema de seguridad no sea automático (p.e. tuerca), será imprescindible asegurar su correcto cierre antes de la utilización del elemento, puesto que están diseñados para trabajar en esa posición y si no, en caso de caída, no asegurarían su resistencia máxima.



Ilustración 51 Mosquetones y ganchos.



Ilustración 52 Esquema de elementos básicos para riesgo en altura.



- **Calzado de seguridad**

Debido al tipo de trabajo, se deberán utilizar siempre botas de seguridad con la puntera reforzada, para evitar posibles aplastamientos de los dedos en caso de caída materiales y con suela antideslizante, por la posibilidad de derrames de aceite.



Ilustración 53 Calzado de Seguridad.

- **Guantes**

Para el trepado será necesaria la utilización de guantes de protección, en la medida de lo posible con características de mejora del antideslizamiento.



Ilustración 54 Guantes de protección y antideslizamiento.



- **Ropa de trabajo**

Finalmente, será necesaria la utilización de ropa de trabajo resistente y adecuada a la época del año en que se utilice y a las condiciones meteorológicas reinantes.



Ilustración 55 Ropa de trabajo de seguridad.

10.5. Verificaciones mínimas antes de iniciar un trabajo:

1. Verificar el estado de uso y conservación de los elementos de protección personal. Revisar a conciencia el estado del arnés de seguridad, el absorbedor de energía, el posicionador y el dispositivo anti caídas. Realizar una inspección minuciosa del estado de las cintas, de las costuras y del estado de los herrajes, hebillas, etc.
2. Comprobar que el arnés está correctamente ajustado.
3. Comprobar que todos los mosquetones y ganchos están correctamente cerrados.
4. Verificar el estado de la línea de vida. Comprobar que no presente más de un 10% de hilos sueltos o que esté destensada (en el caso del cable de 8 mm), grietas, fisuras, deformaciones y que los puntos de anclaje están en perfectas condiciones.
5. Leer atentamente las instrucciones proporcionadas por el fabricante.
6. Si comprueba que alguno de estos puntos no se cumple, o tiene dudas al respecto, avise a su superior inmediatamente y suspenda la tarea hasta haber corregido el problema.



10.6. Conservación y mantenimiento:

A modo de orientación, la vida media de los elementos de seguridad de poliamida (nylon) es de ocho años. Sin embargo, la caducidad real de estos elementos viene determinada por el tiempo en que conservan su función protectora. En este sentido, cabe establecer pautas de desecho que nos lleven a la sustitución de los mismos.

A modo de orientación, y de manera no exhaustiva, se indican algunas de estas pautas:

- Cuando hayan sufrido los efectos de una caída desde una altura apreciable, aunque no se manifiesten, roturas o deformaciones deberán ser retirados del servicio.
- Pérdida de flexibilidad de los materiales (arnés, faja o bandas, cuerdas, ...).
- Existencia de cortes en el material.
- Rotura, deformación u oxidación de algún elemento metálico principal (hebillas, argollas, etc.).
- Descosidos de costuras principales.
- Los elementos expuestos a radiaciones solares, ultravioleta, etc., serán desechados cuando aparezcan unas marcas que denotan la cristalización y fragilidad de las fibras.

Con respecto al buen almacenamiento, a continuación se citan las siguientes recomendaciones:

- Cuando los elementos de poliamida dejen de utilizarse y hayan de ser almacenados, debe ser limpiados adecuadamente sin emplear agresivos químicos o mecánicos.
- Cuando se trate de elementos fabricados con fibras naturales o sintéticas, se limpiarán con cepillos suaves para eliminar el polvo y restos de materiales adheridos. Una vez cepillados se podrán lavar con jabón neutro o detergentes suaves, se enjuagarán y se secarán al aire, nunca al sol o estufa.
- De igual forma habrá que proceder con los elementos que hayan estado expuestos a la acción de la lluvia.
- Una vez limpios, se guardarán en locales de ambiente seco, con temperaturas moderadas, procurando mantenerlos suspendidos, sin enrollar, ni que estén en contacto con líquidos corrosivos, aceites, detergentes u objetos cortantes.

10.7. Revisiones periódicas:

El usuario de elementos de seguridad (arneses, absorbedores, posicionadores, etc.) tiene el deber de cuidar del perfecto estado y conservación de los mismos. De todas formas, dichos elementos deberán ser sometidos a una inspección anual autorizada, con objeto de determinar el grado de desgaste, corrosión de las partes metálicas y otros posibles defectos.



10.8. Utilización E.P.I.:

Los equipos de protección personal se deben utilizar sólo cuando se compruebe que los sistemas de seguridad son insuficientes y tras concluir la posibilidad de utilización de equipos de protección colectiva o como complemento de estos.

Los equipos de protección individual proporcionarán una protección eficaz frente a los riesgos que motiven su uso, para ello:

- Deberán responder a las condiciones existentes en el lugar de trabajo.
- Tendrán en cuenta las condiciones anatómicas y fisiológicas y el estado de salud del trabajador.
- Se adecuarán al portador tras los ajustes necesarios.
- No crearán por sí mismos riesgos adicionales ni molestias innecesarias.
- Se pondrán poner y quitar con facilidad.
- Deberán ser compatibles entre sí cuando se requiera utilizar varios.

Los equipos de protección personal deberán llevar el marcado “CE” que garantiza su adecuación a las normas de seguridad europeas, si por razones de tamaño no lo pueden llevar este se encontrará impreso en el embalaje.

La utilización, el almacenamiento, el mantenimiento, la limpieza, la desinfección y la reparación de los equipos de protección individual se efectuará de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Los equipos de protección individual tendrán un uso personal.

El tiempo de uso de los equipos de protección individual se determinará según:

- La gravedad del riesgo.
- El tiempo o frecuencia de exposición al riesgo.
- Las condiciones del puesto de trabajo.
- Las prestaciones del propio equipo.
- Los riesgos adicionales debidos al equipo que no hayan podido evitarse.
- Las condiciones en que esté el equipo.

El empresario informará a los trabajadores de los riesgos contra los que les protegen los equipos y en qué actividades deben utilizarse, y les proporcionará las instrucciones que facilita el fabricante.



11

SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO.

MPPRL

(Manual de Procedimientos de
Prevención de Riesgos Labora-
les)



11. SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTOS. MPPRL (Manual de Procedimientos de Prevención de Riesgos Laborales)

Se entiende por señalización de seguridad el conjunto de estímulos que condicionan la actuación del individuo que los recibe frente a unas circunstancias que se pretendan resaltar (peligros, utilización de protecciones, etc.). Será una medida de carácter preventivo que se utiliza para advertir de los peligros, reforzar, y recordar normas y en general favorecer comportamientos seguros.

La puesta en práctica del sistema de señalización de seguridad no dispensará, en ningún caso, de la adopción de las medidas de prevención técnicas y organizativas que correspondan. A los trabajadores se les dará la información y formación necesaria para que tengan un adecuado conocimiento del sistema de señalización.

La señalización como técnica preventiva se empleará con mesura, ya que su utilización indiscriminada puede llegar a neutralizar o eliminar su eficacia. Por ello se utilizará cuando no se pueda evitar o reducir suficientemente el riesgo o como complemento a las medidas y dispositivos de seguridad ya establecidos.

Especial atención merecen, por su necesidad de señalización, aquellas situaciones en las que pueda existir personal ajeno a una unidad funcional y a quienes convenga advertir de los peligros o prohibir su accesibilidad.

En general, se utilizará señalización cuando se quiera resaltar alguno de los aspectos siguientes:

- Riesgos, prohibiciones u obligaciones. Se realizará mediante las señales en forma de panel correspondientes.
- Zonas con peligro de caída, choques o golpes. Las zonas con desniveles, obstáculos, excavaciones, zanjas u otros elementos que originen riesgo importante de caída de personas, choques o golpes se realizará mediante las señales correspondientes.
- Salidas y vías de circulación. Todas las salidas deberán estar adecuadamente señalizadas. Cuando sea necesario para la protección de los trabajadores, las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de un color bien visible.



- Sustancias y preparados peligrosos. Este tipo de sustancias deberán estar adecuadamente señalizadas mediante el correspondiente etiquetado legalmente establecido.
- Equipos de protección contra incendios. Deberán ser de color predominante rojo y se identificarán mediante la señal correspondiente del anexo.
- Medios y equipos de salvamento y socorro. Se identificarán mediante la señal correspondiente.
- Situaciones de emergencia. La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de un situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro se realizará mediante alguna o una combinación de señales luminosas, acústicas o comunicaciones verbales.
- Maniobras peligrosas. Se realizará mediante señales gestuales o comunicaciones verbales.
- Trabajos especiales. En los trabajos de mantenimiento, limpieza y puesta fuera de servicio de instalaciones en las que sea necesario advertir al personal del estado de la instalación, se señalarán mediante un texto escrito que indique: Instalación fuera de servicio personal trabajando. Esta señalización no podrá ser retirada hasta que los trabajos hayan sido finalizados y el responsable de ello será el responsable de la unidad funcional correspondiente o en su defecto del mando que dirige la tarea realizada.
- Señalización de instalaciones y equipos especiales. Se deberán señalar, siguiendo la normativa y legislación aplicable, aquellos equipos e instalaciones cuya presencia o manipulación puedan ser de origen de riesgos importantes, tales como tuberías, conductores eléctricos, aparatos de presión, etc.

Para que la señalización sea efectiva y cumpla con su finalidad en la prevención de riesgo deberá:

- Atraer la atención de los implicados.
- Dar a conocer el riesgo o condición peligrosa con suficiente antelación.
- Ser suficientemente clara para su captación.
- Manifestar el mensaje sin equívocos.
- Dar la posibilidad real en la práctica de cumplir con lo indicado.



COLORES DE SEGURIDAD.

COLORES DE SEGURIDAD		
COLOR	SIGNIFICADO	INDICACIONES
ROJO	Señal de prohibición	Comportamientos peligrosos
	Peligro - Alarma	Parada, desconexión de emergencia. Evacuación.
AMARILLO/BLANCO	Material y equipos de lucha contra incendios	Identificación y localización.
	Señal de advertencia	Atención, precaución, verificación.
AZUL	Señal de obligación	Comportamiento o acción específica. Obligación de utilizar un equipo de protección individual.
VERDE	Situación de seguridad	Puertas, salidas, material, puestos de salvamento o de socorro, locales. Vuelta a la normalidad.

Tabla 12 Colores de seguridad.

SEÑALES DE ADVERTENCIA.

SEÑAL DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	APLICACIÓN
	Materias inflamables	En todos aquellos lugares donde existan materiales inflamables (almacenes, instalaciones, etc.)
	Cargas suspendidas	En las zonas de alcance de aparatos de elevación y transporte de cargas (grúas, puentes grúa, etc.)
	Riesgo eléctrico	En los accesos a instalaciones eléctricas y sobre cuadros de maniobra y mando, así como en las zonas de las máquinas donde puedan producirse contactos peligrosos.

Tabla 13 Señales de Advertencia.

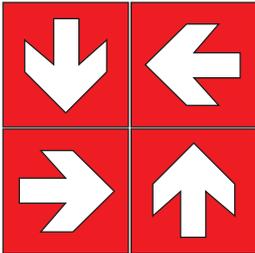


SEÑALES DE OBLIGACIÓN.

SEÑAL DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	APLICACIÓN
	Prohibido fumar	En todas aquellas zonas y lugares de trabajo donde exista riesgo de incendio o explosión.
	Prohibido fumar y encender fuego	En todas aquellas zonas y lugares de trabajo donde exista riesgo de incendio o explosión
	Prohibido apagar con agua	Donde existan materiales que reaccionen con el agua violentamente o desprendan gases peligrosos o inflamables, exista riesgo de choque eléctrico o el agua no sea adecuada para extinguir.

Tabla 14 Señales de prohibición.

SEÑALES DE SEGURIDAD.

SEÑAL DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	APLICACIÓN
	Extintor	Indica la situación de un extintor de incendios
	Dirección que debe seguirse	Indican, solas o conjuntamente con una de las señales anteriores, la dirección en que se encuentran los equipos de lucha contra incendios.



	Teléfono para la lucha contra incendios	Indica la situación de un teléfono mediante el que puede transmitirse la alarma o aviso en caso de incendio
---	---	---

Tabla 15 Señales de Seguridad.

SEÑALES DE EMERGENCIA.

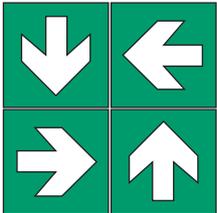
SEÑAL DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	APLICACIÓN
	Dirección que debe seguirse	Indicación del camino a seguir para salir al exterior, a un lugar seguro o a una salida de socorro. Conviene utilizarla de forma adicional a las siguientes
	Teléfono de salvamento	Situarse sobre cada uno de los teléfonos de salvamento
	Primeros auxilios	Señalización de los armarios botiquines y equipos de primeros auxilios (camillas, resucitadores, etc.), o en las puertas de los dispensarios.

Tabla 16 Señales de Emergencia.



SEÑALES DE OBLIGACIÓN

SEÑAL DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	APLICACIÓN
	<p>Protección obligatoria de la vista</p>	<p>En trabajos con posibilidad de proyección de partículas, radiaciones, salpicadura de productos químicos, también, en trabajos en instalaciones eléctricas</p>
	<p>Protección obligatoria de la cabeza</p>	<p>Donde exista posibilidad de caída de objetos y/o golpes contra instalaciones fijas a la altura de la cabeza</p>
	<p>Protección obligatoria del oído</p>	<p>En lugares de trabajo o instalaciones, incluso en el exterior, con nivel de ruido superior al máximo permitido. Obligatoria su colocación en puestos donde el nivel diario equivalente es superior a 90 dBA o donde los niveles de pico superen los 140 dBA.</p>
	<p>Protección obligatoria de los pies</p>	<p>En trabajos con posibilidad de caída de objetos pesados a los pies y pinchazos. En trabajos eléctricos serán aislantes.</p>
	<p>Protección obligatoria de las manos</p>	<p>En trabajos con riesgo de cortes, abrasión, temperatura excesiva, productos químicos (cáusticos, ácidos, disolventes, grasas). No deben usarse al trabajar con máquinas rotativas (tornos, taladros, etc.)</p>



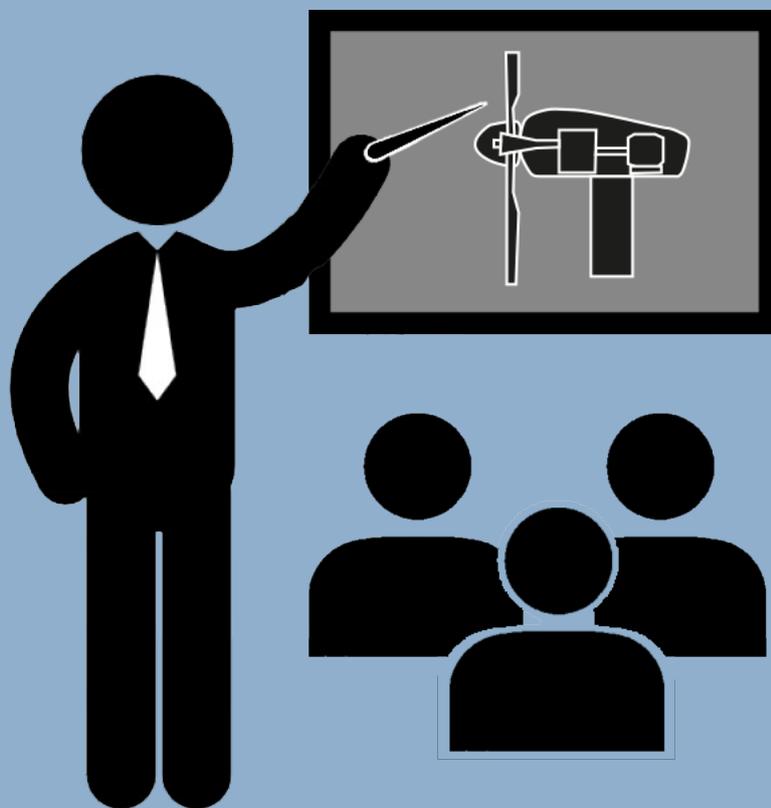
	<p>Protección individual obligatoria contra caídas</p>	<p>En trabajos realizados en altura y que representen un peligro de caída a distinto nivel, donde sea obligatorio el uso de arnés anti caídas</p>
	<p>Obligación general</p>	<p>En las zonas donde exista una obligación en particular y no esté indicada de otra manera. Conviene que vaya acompañada con señal adicional que aporte más información</p>

Tabla 17 Señales de Obligación.



12

INSTRUCCIONES DE TRABAJO



12. INSTRUCCIONES DE TRABAJO.

12.1. USO DEL DESCENSOR DE EMERGENCIA.

Con el fin de garantizar la evacuación segura de personas desde el interior de un aerogenerador, se dispondrá de un descensor de emergencia. El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Colocar el descensor en el cáncamo de la puerta trasera; cerrar el cierre de seguridad del mosquetón; dejar caer la cuerda por el exterior, asegurándose que la cuerda está completamente extendida y sin ningún nudo.
2. Asegurar el descensor con la cuerda de seguridad a un cáncamo del generador.
3. Atar el mosquetón situado en el extremo de la cuerda, al arnés por el pecho y cerrar el cierre de seguridad.
4. Salir al exterior y dejarse caer, el descensor mantendrá una velocidad constante de 0,7 m/s. Una vez en el suelo, soltarse el mosquetón y una segunda persona podrá comenzar el descenso. Según la altura de la torre, la persona que queda arriba deberá recuperar algunos metros de cuerda para que el mosquetón quede en la parte superior y así poder comenzar el descenso.

12.2. ACCESO SIN LÍNEA DE VIDA AL AEROGENERADOR.

En caso de que la línea de vida no pueda ser utilizada (esté rota, destensada,...) de manera excepcional se podrá subir por la escalera utilizando los dos cabos. En todo momento deberemos estar atados al menos por uno de los cabos; para ello se engancharán los mosquetones de gran apertura aprovechando los peldaños de la escalera y los pasamanos verticales, enganchando los mosquetones, siempre en un lugar por encima de nosotros, de manera alternativa.

12.3. ESTANCIA EN LA GÓNDOLA.

Siempre que se esté en la parte trasera de la góndola, y la puerta trasera se encuentre abierta, se deberá estar anclado a un punto fijo, independientemente que este colocada la cadena de protección de la puerta.

Siempre que se realicen trabajos sobre la fibra de vidrio en los que se manipulen componentes de más de 15 Kg. nos fijaremos a un punto seguro, utilizando el arnés de seguridad y la cuerda con absorbedor, evitando el riesgo de caída ante una rotura de la fibra por caída de la pieza.



12.4. ACCESO A LA CAPOTA.

Cuando la naturaleza del trabajo obliga a salir al exterior, sobre el techo de la góndola, se utilizarán dos cuerdas de seguridad para el auto aseguramiento. Cada cabo se unirá a una de las barras laterales. Nunca se utilizará una sola barra como punto de anclaje ya que posibilitaríamos una caída con los riesgos implicados:

- Sobrecarga del punto de anclaje.
- Imposibilidad de volver al techo de la góndola.



Ilustración 56 Operario, parte superior góndola del aerogenerador.

12.5. ACCESO AL BUJE.

El acceso al buje implicará la parada del rotor.

Siempre permanecerá una persona en la góndola, mientras se realicen trabajos en el interior del buje y se evitará apoyos sobre la tapa del cono que se encuentra unida mediante tornillería.

Durante los trabajos en el interior del buje, queda totalmente prohibido estar más de una persona sobre la raíz de pala. Si por la naturaleza de los trabajos a realizar, es necesario que más de una persona se encuentre sobre la raíz de pala, nos fijaremos a un punto seguro, utilizando el arnés de seguridad y la cuerda con absorbedor.



12.6. USO DEL POLIPASTO.

El polipasto deberá utilizarse siempre con la turbina orientada. La vertical del polipasto deberá estar libre de vehículos y personas. Tampoco se utilizará en condiciones de niebla o baja visibilidad, en que no se pueda ver el suelo desde lo alto de la turbina.

Mientras se esté utilizando el polipasto, siempre se deberá estar anclado a un punto fijo en el interior de la góndola.

Seguir en todo momento las instrucciones marcadas en el manual de uso del polipasto. No exceder nunca la carga máxima permitida de utilización.

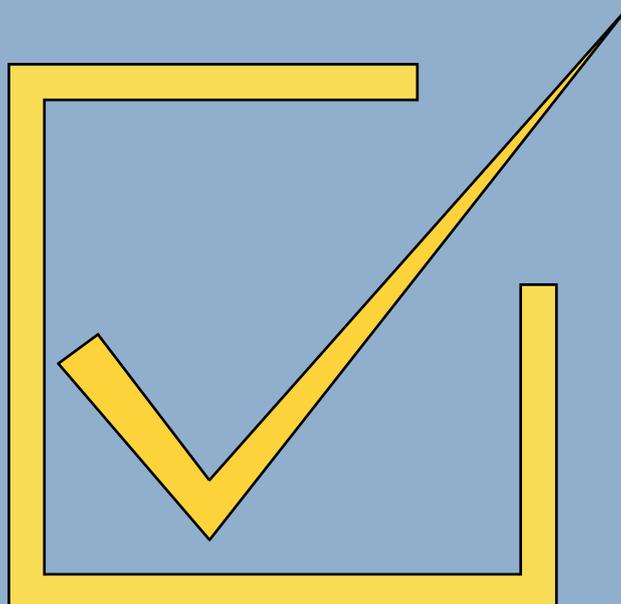


Ilustración 57 Polipasto eléctrico



13

NORMAS BÁSICAS A
CUMPLIR CON
HERRAMIENTAS
MANUALES
Y
MÁQUINAS PORTÁTILES



13. NORMAS BÁSICAS A CUMPLIR CON HERRAMIENTAS MANUALES Y MÁQUINAS PORTÁTILES.

- Las herramientas manuales se utilizarán en aquellas tareas para las que han sido concebidas.
- Al realizar aprietes, evite colocar la mano entre el mango del brazo de apriete y la pared del tramo.
- Antes de su uso se revisarán, desechándose las que no se encuentren en buen estado de conservación.
- Se mantendrán limpias de aceites, grasas y otras sustancias resbaladizas.
- La trampilla de la góndola se mantendrá cerrada en todo momento. Para evitar caídas, cortes o riesgos análogos, las herramientas se colocarán en portaherramientas adecuados. Durante su uso se evitará su depósito arbitrario por los suelos.
- Las herramientas portátiles eléctricas dispondrán de marcado CE y estarán protegidas contra contactos directos e indirectos. Los motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa y resguardos propios de cada aparato. Las transmisiones motrices por correas estarán siempre protegidas.
- Las máquinas con capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante carcasa anti proyecciones. Se prohíbe dejar las herramientas eléctricas de corte o taladro abandonadas en el suelo, o en marcha, aunque sea con movimiento residual en evitación de accidentes.
- Siempre que se utilicen traccionadores, se comprobará que las partes que trabajan con presión no están dañadas. Una vez que se aplique presión, bajo ningún concepto se colocará el personal delante del traccionador.



14

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE PARQUES EÓLICOS MARINOS (OFFSHORE)



14. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE PARQUES EÓLICOS MARINOS (OFFSHORE)

MANTENIMIENTO 001		PARQUE EÓLICO MARINO			
OPERACIÓN		TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL	OBSERVACIONES E INCIDENCIAS
0	Sistema de fondeo.				
10	Comprobación del correcto estado de los diferentes conjuntos de anclajes al fondo marino (anclas, cadenas, ...).		X		
20	Revisar las líneas de anclaje y sus esfuerzos.		X		
30	Comprobar estado de corrosión de los materiales.	X			
40	Reapriete de tornillos fijadores.		X		
1	Plataforma flotante y Torre.				
11	Limpieza exterior	X			
21	Revisar estado general. Comprobar ausencia de daños y estado superficial.	X			
31	Comprobación de decoloraciones y rugosidades.		X		
41	Corregir puntos de Oxidación	X			
51	Observar ausencia de ruidos y vibraciones.		X		
61	Comprobar estado de los pernos.	X			
71	Realizar reapriete de los pernos.	X			
81	Revisar los sistemas de conexión de la plataforma con el sistema de fondeo.	X			
2	Palas.				
12	Fisuras y tornillos soporte como del buje.		X		
22	Comprobar posibles deterioros y grietas en las palas, especialmente en el borde de ataque.	X			
32	Pares de apriete rodamientos pala-buje.		X		
42	Comprobar estado de los rodamientos y lubricación.	X			

Tabla 18 Mantenimiento 001.



MANTENIMIENTO 002		PARQUE EÓLICO MARINO			
OPERACIÓN		TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL	OBSERVACIONES E INCIDENCIAS
3	Rotor.				
13	Fisuras y tornillos soporte cono del buje.		X		
23	Retenes y engrases rodamientos de palas.		X		
33	Pares de apriete rodamientos pala-buje.		X		
43	Aprietes y holguras cajas rodamientos de palas.		X		
53	Uniones rotor y eje principal.		X		
63	Engrase rodamiento eje principal.		X		
73	Comprobación alineación eje principal.		X		
4	Multiplicadora.				
14	Apriete y holguras de amortiguador.		X		
24	Aceite: análisis, fugas y nivel.		X		
34	Aspecto rodamientos y engranajes.		X		
44	Alineado, ruidos y vibraciones.		X		
54	Sistema Refrigeración: Bomba aceite, fugas circuito, válvulas y ventilador.		X		
64	Comprobar superficie de frenos. Sustituir en caso necesario.		X		
74	Limpiar disco de freno.		X		
5	Eje alta velocidad.				
15	Freno: Desgaste, fisuras y alabeos.		X		
25	Sist. Hidráulico freno: aceite, fugas, precarga. Prueba Función.		X		
35	Uniones cardan, juntas y engrases.		X		
45	Rodamientos.		X		

Tabla 19 Mantenimiento 002



MANTENIMIENTO 003		PARQUE EÓLICO MARINO			
OPERACIÓN		TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL	OBSERVACIONES E INCIDENCIAS
6	Generador.				
16	Añadir lubricante a rodamientos. Limpiar lubricante viejo antes.		X		
26	Inspección y apriete de caja de bornas.		X		
36	Inspección anillos y escobillas.		X		
46	Limpieza de intercambiador y filtros.		X		
56	Megado devanados estator y rotor.		X		
66	Comprobar estado de conexión a tierra del generador.		X		
7	Convertidor.				
17	Reapriete de tornillos de anclaje.		X		
27	Comprobar estado de cables y conexiones eléctricas.		X		
37	Limpiar ventiladores. Sustituir después de 40.000 horas de funcionamiento		X		
47	Comprobar correcto funcionamiento de ventiladores (ruido, vibración,...).		X		
57	Limpiar placa base.		X		
67	Limpiar módulo de potencia.		X		
8	Inversor.				
18	Comprobar correcto funcionamiento y ausencia de alarmas de fallo.			X	
28	Comprobar que todas las etiquetas y símbolos de seguridad son visibles.			X	
38	Comprobar estado de cables y conexiones eléctricas.			X	
48	Reapriete de tornillos e anclaje.			X	
58	Reapriete de los tornillos de bloqueo de conexión.			X	
68	Revisar que la tapa de la caja del cableado esta bien cerrada.			X	
78	Limpiar el equipo (rejilla inferior de la caja de conexiones y disipador de calor).			X	

Tabla 20 Mantenimiento 003



MANTENIMIENTO 004		PARQUE EÓLICO MARINO			
OPERACIÓN		TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL	OBSERVACIONES E INCIDENCIAS
9	Disipador de carga.				
19	Comprobar correcto funcionamiento (ruido, vibración,...).		X		
29	Comprobar estado de cables y conexiones eléctricas.		X		
39	Reapriete de tornillos de anclaje.		X		
49	Limpiar exterior del equipo.		X		
10	Sistema de cambio de paso.				
110	Comprobar ajustes: señal y rango entre extremos.		X		
210	Prueba de carrera: carga, puntos duros, etc.		X		
310	Comprobaciones de Sist. Hidráulico / Servomotores.		X		
11	Sistema de orientación.				
111	Inspección dientes y prueba: carga, ruidos, puntos duros		X		
211	Engrase de corona y superficies deslizantes.		X		
311	Reapriete de discos y holguras, placas deslizantes.		X		
411	Comprobación del Sistema Hidráulico: aceite, presión, frenos.		X		
12	Sistema de control.				
112	Comprobar las conexiones y correcto funcionamiento del controlador de turbina.		X		
212	Limpieza de los sensores de control y sustitución de los mismos si fuese preciso.		X		
312	Comprobar ajustes de los equipos dependientes del Sistema de Control (frenos, interruptores, bombas hidráulicas, válvulas, ...).		X		
13	Sistema hidráulico.				
113	Revisar el estado y fluido del grupo de presión y los conductos hidráulicos.		X		
213	Comprobación de las válvulas de control.		X		
14	Sistema de refrigeración.				
114	Flujo de aire y circulación el mismo para refrigeración general.		X		
214	Comprobación del funcionamiento y estado de los ventiladores.		X		
314	Revisión de los intercambiadores de calor en generador y multiplicador.		X		
414	Evacuación y filtros de aire.		X		

Tabla 21 Mantenimiento 004



MANTENIMIENTO 005		PARQUE EÓLICO MARINO			
OPERACIÓN		TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL	OBSERVACIONES E INCIDENCIAS
15	Torre meteorológica.				
115	Apriete de tornillería de toda la torre.	X			
215	Inspección del sistema de protección antidescarga y señalización aérea.		X		
315	Sistema de amarre y fondeo de la torre.		X		
415	Comprobación del estado de las balizas autónomas.		X		
515	Mantenimiento de la línea de vida.	X			
615	Comprobación del estado de los sensores meteorológicos (anemómetros, veletas,...).		X		
16	Subestación eléctrica.				
116	Limpieza de transformadores de potencia y/o distribución.		X		
216	Comprobación de interruptores y seccionadores.		X		
316	Revisar descargadores de sobretensión (pararrayos).		X		
416	Revisión de trafo de corriente y tensión.	X			
516	Comprobación del estado de la aparatadura y fusibles.	X			
616	Pruebas del sistema de medición y control.	X			
716	Alimentación para los sistemas de comunicación y estado de las líneas.	X			
816	Estado de los buses (barras colectoras).		X		
916	Comprobación de los Servicios Auxiliares de la S/E.		X		
1016	Revisar instalación eléctrica e iluminación.		X		
1116	Comprobar la puesta a tierra y sistema de apantallamiento.		X		
1216	Otros componentes como cables, reconectores, bandejas portacables, terminales, etc.		X		

Tabla 22 Mantenimiento 005



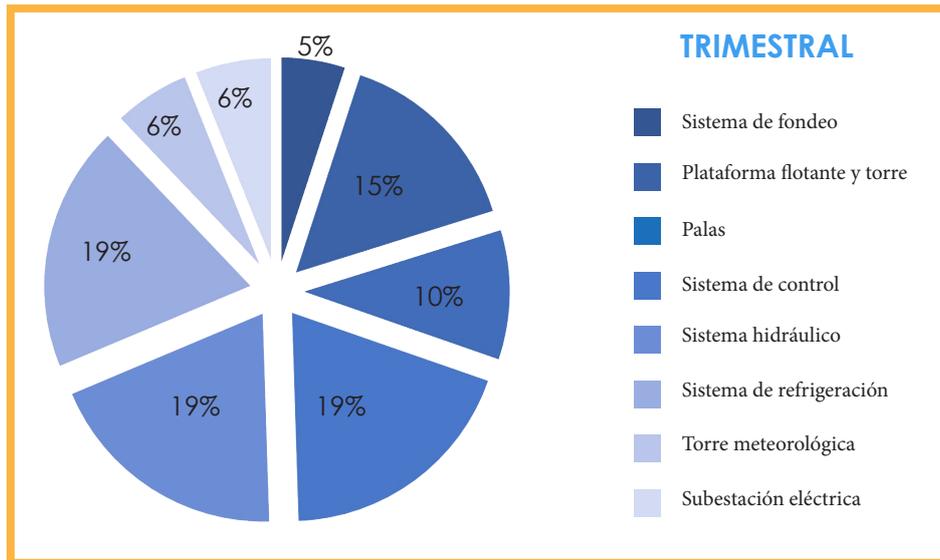


Ilustración 58 Mantenimiento Trimestral

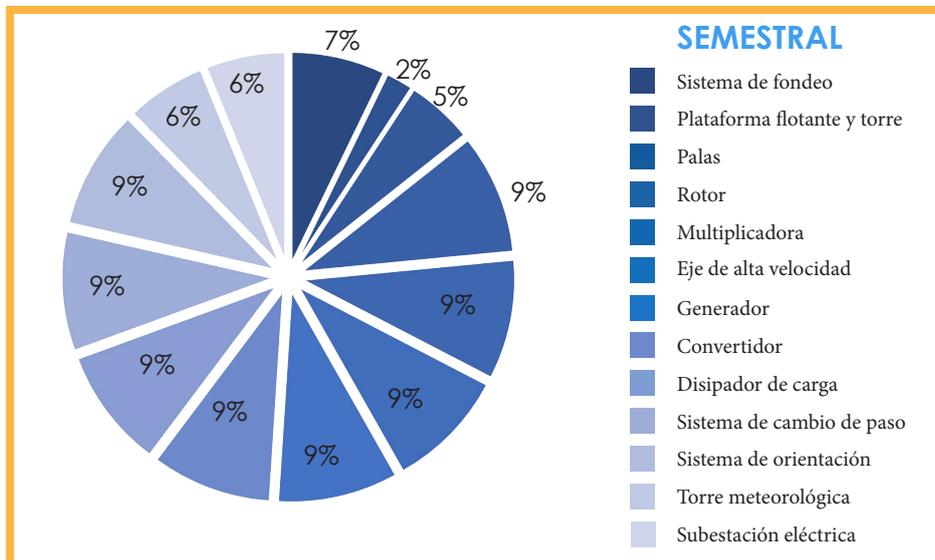


Ilustración 59 Mantenimiento Semestral.

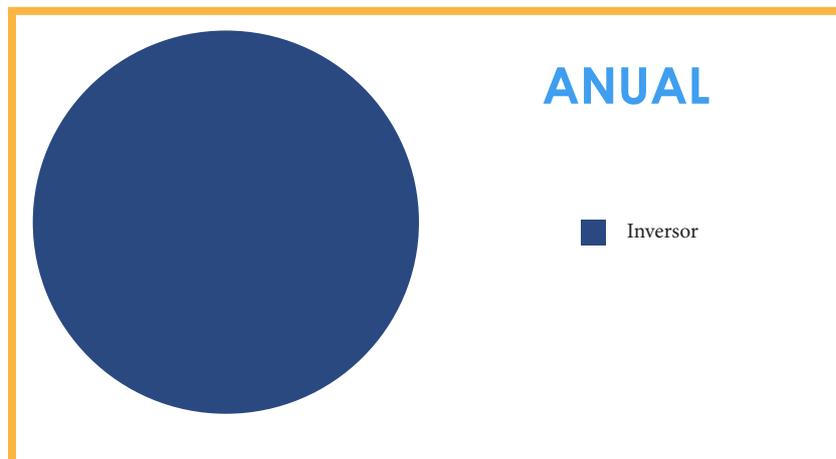


Ilustración 60 Mantenimiento Anual.



15

NORMATIVA
UTILIZADA



15. NORMATIVA UTILIZADA, DOCUMENTOS DE CONSULTA.

- Ley de Prevención de Riesgos Laborales (31/1995 y su evolución 54/2003).
- UNE EN ISO 9001 Sistemas de Gestión de la calidad.
- UNE 81900:1996 EX
- UNE 81901:1996 EX
- Real Decreto 39/1997: Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 485/1997: Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 773/1997: Utilización de equipos de protección individual.
- Real Decreto 488/1997: Disposiciones mínimas de seguridad con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Guía técnica para la señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo.
- UNE-EN 50308. Apartado 4.14.1.2 de Instrucciones de seguridad y procedimientos de emergencia. Apartado 4.5 de Instalaciones de ascenso-descenso.



16

RESEÑA BIBLIOGRÁFICA



16. RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Nootboom Special trailers since 1881, Solución de transporte de palas de aerogeneradores. (s.f.). Revolucionadora solución de transporte para palas de aerogeneradores de entre 50 y 70 metro. Fecha de consulta: 25 de Agosto de 2016, de http://www.nootboomgroup.com/nootboom/es/acerca_de_nootboom/archivo_de_noticias/2013/septiembre/15/revolucionadora_solucion_de_transporte_para_palas_de_aerogenerad/
- Grúas Alhambra S.L., Servicio de grúas (s.f.), Grúas para eólico Jaén. Fecha de consulta: 25 de Agosto de 2016, de <http://gruasalhambra.es/gruas-eolico-jaen/http://gruasalhambra.es/gruas-eolico-jaen/>
- Prevención Integral. (s.f.). Fecha de consulta: 22 de Septiembre de 2016, de <http://www.prevenccionintegral.com/>
- Todo sobre AEE España. (s.f.). Fecha de consulta: 22 de Septiembre de 2016, de <http://www.sti.es/ae-es/>
- Escuela de Organización Industrial, E.O.I. (s.f.). Fecha de consulta: 23 de Agosto de 2016, de <https://www.eoi.es/>
- MARTINEZ, Alberto. SNCF Geodis transporta, por primera vez en Europa, palas de aerogeneradores en tren. desenchufados.net [en línea]. [fecha de consulta: (s.f.)]. Disponible en: <<http://desenchufados.net/sncf-geodis-transporta-por-primera-vez-en-europa-palas-de-aerogeneradores-en-tren/>>
- VIDUEIRA, J.M. La protección contra incendios en aerogeneradores. [seguridadypromociondelasalud.com](http://www.seguridadypromociondelasalud.com) [en línea]. Fecha de consulta: 23 de Agosto de 2016. Disponible en: <<http://www.seguridadypromociondelasalud.com/n135/es/articulo3.html>>



- Tipos de mantenimiento. (s.f.). Fecha de consulta: 23 de Agosto de 2016, de <http://www.renovatec.com/tiposdemantenimiento.html>
- Antonio Mateo, MANTENIMIENTO DE PARQUES EÓLICOS. AEE [en línea]. Fecha de consulta: 24 de Agosto de 2016. Disponible en: <http://www.aeeolica.org/uploads/documents/pe06/PE06_6_2_Antonio_Mateo.pdf>
- VIESCAS, Ceferino, Adaptación del Mantenimiento en Sistemas Eólicos. AEE [en línea]. Fecha de consulta: 24 de Agosto de 2016. Disponible en: <http://www.aeeolica.org/uploads/documents/pe06/PE06_6_1_Ceferino_Viescas.pdf>
- Mantenimiento de parques eólicos. (s.f.). Fecha de consulta: 24 de Agosto de 2016, de <http://www.energiza.org/mantenimiento-de-plantas/19-mantenimiento-de-plantas/583-mantenimiento-de-parques-eolicos>
- Mantenimiento Programado de Aerogeneradores. (s.f.). Fecha de consulta: 24 de Agosto de 2016, de http://opex-energy.com/eolica/mantenimiento_programado_aerogeneradores.html
- Educación Gobierno [en línea], Fecha de consulta: 24 de Agosto de 2016. Disponible desde: <http://www.mecd.gob.es/portada-mecd/> . También disponible en: <http://www.educacion.gob.es/educa/incual/pdf/BDC/ENA193_3.pdf>
- GAMESA servicios. Operación y mantenimiento [en línea], Fecha de consulta: 25 de Agosto de 2016. Disponible en: <<http://www.gamesacorp.com/recursos/doc/productos-servicios/operacion-y-mantenimiento/catalogo-de-servicios-de-om.pdf>>
- Eólica Offshore . Eólica Offshore [en línea]. Fecha de consulta: 25 de Agosto de 2016. Disponible en: < <http://www.eolicaoffshore.com/>>



- El barco para transporte de aerogeneradores más grande del mundo. (s.f.). Fecha de consulta: 25 de Agosto de 2016, de <http://www.energias-renovables-marinas.com/energia-eolica/el-barco-para-transporte-de-aerogeneradores-mas-grande-del-mundo-0208586>
- GARCÍA ROMERO, Sonia. El blog sobre Coordinación de Actividades Empresariales [en línea]. Principales riesgos y medidas preventivas en parques eólicos. Fecha de consulta: 25 de Agosto de 2016. Disponible en: < <http://www.coordinacion-actividades-empresariales.es/principales-riesgos-y-medidas-preventivas-en-parques-eolicos/>>
- ADES. Seguridad y evaluación de riesgos profesionales en parques eólicos. ADES CENTRO TECNOLÓGICO [en línea]. Fecha de consulta: 26 de Agosto de 2016. Disponible en: < <http://www.adescentrotecnologico.com/es/formacion/energia-eolica/seguridad-y-evaluacion-de-riesgos-profesionales-en-parques-eolicos/id/84>>
- AEE, (s.f.). TINDAI PREVENCIÓN Y SEGURIDAD S.L.L. Fecha de consulta: 26 de Agosto de 2016, de <http://www.aeeolica.org/es/sobre-la-eolica/quien-es-quien-en-la-eolica/el/tindai-prevencion-y-seguridad-sll>
- HC ENERGÍA. MAUAL DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES. PDF [en línea], Fecha de consulta: 26 de Agosto de 2016. Disponible en: < https://www.hcenergia.com/recursos/doc/Colaboradores/Proveedores/Documentacion_general/1342400294_712009131049.pdf>
- ISTAS, (s.f.). Salud Laboral. Fecha de consulta: 12 de Enero de 2017, de <http://www.istas.net/web/index.asp?idpagina=1128>
- Ministerio de empleo y seguridad social, Gobierno de España. (s.f.). Fecha de consulta: 12 de Enero de 2017, de <http://www.insht.es/portal/site/Epi;/VAPCOOKIE=DG2yXQQG57yWBFR-31Q89L23dQpcpBFv0h8XcBQR2G3JycTvTvYDj!1787190911!440950634>



GUÍA PARA EL MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PARQUES EÓLICOS MARINOS OFFSHORE

© ZONA EÓLICA CANARIA S.A.
Calle Veintinueve de Abril, Nº 30 Bajo
T.M. de Las Palmas de Gran Canaria
35007 – Las Palmas
España
ISBN-978-84-617-7391-6

2017



