

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE**

**MÁSTER EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**



**“ESTUDIO DE RIESGOS DE CAÍDAS A DISTINTO NIVEL  
{TRABAJOS DE ALTURA EN AEROGENERADORES}”**

**TRABAJO FINAL DE MÁSTER**

**Fecha: 03/07/21**

**AUTOR: Juan Carlos Navalón García**

**TUTOR: Antonio Cardona Llorens**

**DIRECTOR DE MÁSTER: Antonio Cardona Llorens**



## **INFORME DEL DIRECTOR DEL TRABAJO FIN MASTER DEL MASTER UNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

D. Antonio Francisco Javier Cardona Llorens, tutor del Trabajo Fin de Máster, titulado '*ESTUDIO RIESGOS DE CAÍDAS A DISTINTO NIVEL (TRABAJOS DE ALTURA EN AEROGENERADORES)*' y realizado por el estudiante Juan Carlos Navalón García.

Hace constar que el TFM ha sido realizado bajo mi supervisión y reúne los requisitos para ser evaluado.

Fecha de la autorización: 26 de mayo de 2021

CARDONA  
LLORENS  
ANTONIO  
FRANCISCO JAVIER -  
-

Firmado digitalmente  
por CARDONA  
LLORENS ANTONIO  
FRANCISCO JAVIER -  
Fecha: 2021.05.26  
10:04:53 +02'00'

Fdo.: Antonio Francisco Javier Cardona Llorens  
Tutor TFM





UNIVERSITAS

*Miguel*

*Hernández*

## RESUMEN

El presente trabajo trata de evaluar los riesgos laborales de los trabajadores que llevan a cabo el mantenimiento de los aerogeneradores realizando trabajos en altura, sostenidos mediante cuerda y estando expuestos a condiciones físicas, químicas, ergonómicas y psicosociales, a veces extremas, por la propia naturaleza del trabajo y por condiciones climatológicas externas.

En el mismo se ha detallado el procedimiento de trabajo desde que un trabajador llega a la base del aerogenerador hasta la finalización del trabajo, explicados paso a paso tras mi experiencia en dichos trabajos, como las medidas de prevención y los protocolos de actuación ante diferentes procesos de intervención de emergencias.

Así mismo, se exponen posibles nuevas soluciones tecnológicas al riesgo que siempre supone trabajar en altura con condiciones atmosféricas variables.

En la actualidad, unos de los sectores más prometedores en España es el de las energías renovables, y de ellas, una de las más importantes es la energía eólica.

Según la Asociación Empresarial Eólica<sup>1</sup> que a partir de ahora llamaremos AEE, en nuestro país contamos con más de 29.000 trabajadores implicados en la instalación y mantenimiento de los 1203 parques eólicos conectados a finales de 2020 en 807 municipios, siendo España la 5ª potencia mundial con más capacidad instalada (Anexo 1) con más de 26.800 MW, suponiendo el 21% de la electricidad consumida en España durante ese mismo año, y que es el equivalente a más 15 millones de hogares.

Estos valores hacen una idea de la importancia que ha adquirido y que va a tener este sector como parte de la recuperación económica industrial de nuestro país.

Y aún tomará más importancia en el futuro si se tiene en cuenta el último Proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética<sup>2</sup>, en el Consejo de Ministros remitió a las Cortes, el 19 de mayo de 2020, en la cual Europa insta a cumplir a los países miembros el objetivo en 2030 de un consumo del 32% de energía renovables y en el año 2050 para la obtención de energía del 100% con 0 emisiones.

**Palabras clave:** altura, caída, accidente, riesgo, prevención y aerogenerador.

# **ÍNDICE DEL PROYECTO:**

- 1. INTRODUCCIÓN**
  - 1.1. NORMATIVA APLICABLE**
- 2. JUSTIFICACIÓN**
- 3. OBJETIVOS**
- 4. MATERIAL Y METODOS**
- 5. RESULTADOS Y DISCURSIÓN**
  - 5.1. SEGURIDAD EN EL TRABAJO EN ALTURA**
    - 5.1.1. TIPOLOGÍA DE TRABAJOS EN ALTURA**
    - 5.1.2. RIESGOS EN LOS TRABAJOS EN ALTURA POR TIPOLOGÍA**
  - 5.2. TRABAJOS EN ALTURA EN AEROGENERADORES**
    - 5.2.1. METODOLOGÍA DEL TRABAJO**
    - 5.2.2. RIESGOS DE TRABAJOS EN AEROGENERADORES**
    - 5.2.3. PROCESOS DE INTERVENCIÓN DE EMERGENCIAS**
    - 5.2.4. FORMACIÓN E INFORMACIÓN**
    - 5.2.5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL**
    - 5.2.6. ELEMENTOS AUXILIARES**
  - 5.3. PERSPECTIVAS DE FUTURO**
    - 5.3.1. IMPORTANCIA SECTOR EÓLICO**
    - 5.3.2. NOVEDADES TECNOLÓGICAS**
- 6. CONCLUSIONES**
- 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**
- 8. ANEXOS**

## ÍNDICE DE IMÁGENES:

FOTO NÚM. 1: PINZAS DE FRENO DE LA GÓNDOLA

FOTO NÚM. 2: VERTIDO DE UN AEROGENERADOR

FOTO NÚM. 3: PANTALLA TÁCTIL QUE SE ENCUENTRA EN LA BASE

FOTO NÚM. 4: BOTONERA MANUAL DEL INFERIOR Y SETA SEGURIDAD

FOTO NÚM. 5: TRAMO ESCALERA INTERIOR DE UN AEROGENERADOR

FOTO NÚM. 6: CERRAMIENTO ENTRE TRAMOS

FOTO NÚM. 7: SETA SEGURIDAD ACCESO

FOTO NÚM. 8: SETA TRASERA DE LA NACELLE

FOTO NÚM. 9: SETA PARTE DELANTERA EN EL BUJE EN EL EJE LENTO

FOTO NÚM. 10: PASADOR EN FORMA DE T PARA BLOQUEO MANUAL BUJE

FOTO NÚM. 11: ARGOLLAS PARA AMARRE EN LA MULTIPLICADORA

FOTO NÚM. 12: SUJECCIÓN DOBLE GANCHO

FOTO NÚM. 13: LIMPIEZA TORRE CON TRABAJADORES COLGADOS

FOTO NÚM. 14: GRÚA O POLIPASTO EN LA PARTE TRASERA NACELLE

FOTO NÚM. 15: SUBIDA DE EQUIPOS Y MATERIALES

FOTO NÚM. 16: SIMULACRO RESCATE TRABAJADOR HERIDO

FOTO NÚM. 17: AEROGENERADOR ARDIENDO

FOTO NÚM. 18: AEROGENERADOR ARCIENDO CON VÍCTIMAS

FOTO NÚM. 19: TRAMPILLA INTERIOR DEL NACELLE

FOTO NÚM. 20: ARMARIO DE AUTÓMATAS, CON RELES Y PROTECCIONES

FOTO NÚM. 21: CASCOS CON EMISORA

FOTO NÚM. 22: ANCLAJE MECÁNICO

FOTO NÚM. 23: ANCLAJE CONSTRUCTIVO

FOTO NÚM. 24: ANCLAJE MÓVIL

FOTO NÚM. 25: 3 TIPOS DE MOSQUETONES CON SEGURO

FOTO NÚM. 26: 3 TIPOS DE MAILLONES

FOTO NÚM. 28: ANTICAIDAS PARA CUERDA Y ANTICAIDAS RETRÁCTIL

FOTO NÚM. 29: BLOQUEADOR, DESCENSOR Y DE ASCENSO

FOTO NÚM. 30: CUERDA CON FUNDA Y CUERDA TRENZADA

FOTO NÚM. 31: ESQUEMA ARNÉS ANTICAÍDAS

FOTO NÚM. 32: AEROGENERADORES OFFSHORE

FOTO NÚM. 33: EVOLUCIÓN AEROGENERADOR Y POTENCIA CON LOS AÑOS

FOTO NÚM. 34: ROBOT LIMPIANDO FUSTE DEL AEROGENERADOR

FOTO NÚM. 35: SUCIEDAD (1) Y DESCONCHADO (2) DEL BORDE DE ATAQUE DE UNA ASPA

FOTO NÚM. 36: RECREACIÓN PROTOTIPO TÚNEL DE LIMPIEZA Y PINTURA DE UNA ASPA

## ÍNDICE DE TABLAS:

TABLA NÚM.1: NIVELES DE RIESGOS





# 1. INTRODUCCIÓN

Se entiende por trabajos en altura aquellos trabajos que son realizados a una altura superior a 2 metros.

Dentro de estos trabajos se puede citar entre otros: los trabajos en andamios, escaleras, cubiertas, postes, plataformas, etc., así como trabajos en profundidad, como pueden ser en excavaciones, pozos, etc....

Este Trabajo Final de Máster va a centrarse en los trabajos verticales, y específicamente en los trabajos realizados en los aerogeneradores.

Se entiende como trabajos verticales las tareas realizadas en altura y en la cual los trabajadores se encuentran exclusivamente suspendidos mediante 2 cuerdas.

De la cuerda principal el trabajador va unido del arnés a un elemento mecánico, que permite el ascenso o descenso dependiendo de la necesidad, y la cuerda secundaria se utiliza de apoyo y como cuerda de seguridad de la cual el trabajador va unido mediante un elemento anticaídas.

Algunas de las ventajas de los trabajos verticales son: facilidad del montaje, la rapidez de actuación, comodidad ya que conlleva menos molestias, se pueden complementar a otros métodos, y el más importante es el ahorro de dinero al no tener que montar grandes infraestructuras para llegar a sitios de difícil acceso a veces a lugares que sería imposible acceder a través de otra forma.

Existen una gran cantidad de actuaciones que requieren la realización de trabajos verticales como son tareas de mantenimiento, reparación, construcción, restauración de edificios, montaje de estructuras, limpiezas de cristalerías, etc.

La prevención en esta tipología de trabajo es muy importante, ya que los accidentes tienen alta probabilidad de ser fatales, por lo que las medidas de protección adoptadas pueden salvar la vida del trabajador.

Entre los riesgos más comunes desde la óptica de la prevención de riesgos laborales en esta tipología de trabajo destacan, los riesgos de caída desde una altura que resultaría fatal para el trabajador, los trastornos musculoesqueléticos a causa de los sobreesfuerzos, posturas forzadas o movimientos repetitivos, riesgos por cortes o golpes con objetos o herramientas, o riesgos a exposiciones climatológicas como temperaturas extremas o radiación solar.

La realización de estos trabajos con las condiciones de seguridad apropiadas incluye tanto seguir los protocolos de actuación, como la correcta utilización de equipos de protección individual, como una información y formación teórico-práctica específica de los trabajadores.

Esta modalidad de trabajo no tiene competencia en su sector por todas sus ventajas, pero al ser un trabajo con tanta exposición al riesgo, en ocasiones priva la seguridad de los trabajadores y se realizan las tareas de manera más costosa y compleja. Por eso en la actualidad se están diseñando herramientas, robots, y útiles que puedan ayudar a los trabajadores en las labores más peligrosas, tal y como se mencionará en el apartado de Novedades Tecnológicas.

## 1.1. NORMATIVA APLICABLE.

Los trabajos en altura están regulados por las siguientes normativas:

**Ley 31/1995, de 8 de noviembre**, de prevención de Riesgos Laborales.

**Real Decreto 39/1997, de 17 de enero**, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

**Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre**, por el que se modifica el Real Decreto, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.

**Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre**, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

**Real Decreto 485/1997, de 14 de abril**, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

**Real Decreto 486/1997, de 14 de abril**, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Anexo I Condiciones generales de seguridad en los lugares de trabajo.

**Real Decreto 614/2001, de 8 de junio**, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. (Este apartado por el mero hecho de realizar trabajos estando en contacto con la instalación eléctrica de un aerogenerador)

**Normas Técnicas de Prevención aplicables a trabajos en altura.**

NTP 202: Sobre el riesgo de caída de personas a distinto nivel.

NTP 239: Escalera manuales.

NTP 330: Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente.

NTP 443: Factores psicosociales: metodología de evaluación.

NTP 448: Trabajos sobre cubiertas de materiales ligeros.

NTP 516: Andamios perimetrales fijos.

NTP 530: Andamios colgados móviles de accionamiento manual.

NTP 669: Andamios de trabajo prefabricados (I): normas constructivas.

NTP 670: Andamios de trabajo prefabricados (II): montaje y utilización.

NTP 682: Seguridad en trabajos verticales (I): equipos.

NTP 683: Seguridad en trabajos verticales (II): técnicas de instalación.

NTP 684: Seguridad en trabajos verticales (III): técnicas operativas.

NTP 695: Torres de trabajo móviles (I): normas constructivas.

NTP 696: Torres de trabajo móviles (II): montaje y utilización.

NTP 774: Sistemas anticaídas. Componentes y elementos.

NTP 809: Descripción y elección de dispositivos de anclaje

NTP 969: Andamios colgados móviles de accionamiento manual (I): normas constructivas.

NTP 970: Andamios colgados móviles de accionamiento manual (II): normas de montaje y utilización.

NTP 976: Andamios colgados móviles de accionamiento motorizado (I)

NTP 1015: Andamios tubulares de componentes prefabricados (I): normas constructivas.

NTP 1016: Andamios de fachada de componentes prefabricados (II): normas montaje y utilización.

NTP 1022: Aerogeneradores (I): funcionamiento y marco normativo de prevención de riesgos laborales.

NTP 1023: Aerogeneradores (II): Riesgos laborales en las operaciones de mantenimiento.

NTP 1039: Plataformas elevadoras móviles de personal.

### **Normas UNE específicas de trabajos sustentados mediante cuerda.**

UNE EN 353.1:2014 Equipos de protección individual contra caídas de altura. Dispositivos anticaídas deslizantes sobre línea de anclaje rígida.

UNE EN 353.2:2002 Equipos de protección individual contra caídas de altura. Dispositivos anticaídas deslizantes sobre línea de anclaje flexible.

UNE EN 354:2011 Equipos de protección individual contra caídas de altura. Elementos de amarre.

UNE EN 355:2002 Equipos de protección individual contra caídas de altura. Absorbedores de energía.

UNE-EN 358:2000 Equipo de protección individual para sujeción en posición de trabajo y prevención de caídas de altura. Cinturones para sujeción y retención y componente de amarre de sujeción.

UNE EN 360:2002 Equipos de protección individual contra caídas de altura. Dispositivos anticaídas retráctiles.

UNE EN 361:2002 Equipos de protección individual contra caídas de altura. Arnesees Anticaídas.

UNE EN 362:2005 Equipos de protección individual contra caídas de altura. Conectores.

UNE EN 363:2018 Equipos de protección individual contra caídas de altura. Sistemas anticaídas.

UNE EN 364:1993 Equipos de protección individual contra caídas de altura. Métodos de ensayo.

UNE EN 365:2005 Equipos de protección individual contra caídas de altura. Requisitos generales para instrucciones de uso y marcado.

UNE EN 795:2012 Protección contra caídas de altura. Dispositivos de anclaje.

UNE EN 1891:2000 ERRATUM Equipos de protección individual para la prevención de caídas desde una altura. Cuerdas trenzadas con funda, semiestáticas.



## 2. JUSTIFICACIÓN.

La finalidad de este trabajo es evaluar los riesgos que se producen al realizar trabajos en altura, y estudiar las diferentes medidas y medios que se pueden adoptar para minimizar los riesgos a los que se exponen los trabajadores y así mejorar sus condiciones laborales.

Unas de sus principales premisas en la ley de Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, es actuar antes de que se produzcan daños, ya que principalmente en esta modalidad de trabajo cualquier accidente es especialmente grave.

Existen gran cantidad de riesgos para los operarios que realizan trabajos en altura, pero el riesgo más característico y con mayor peligrosidad es la caída de personas a distinto nivel

En España las muertes por accidentes como resultado de una caída de un trabajador durante la jornada laboral, corresponde a la primera causa de mortalidad por motivo no natural en 2020, según estadísticas del Ministerio de Trabajo y Economía.<sup>3</sup> en la tabla ATR-R2 Accidentes de Trabajo Mortales de enero-diciembre 2020, adjuntada en el (Anexo 2)

Por todo ello, es tan importante el estudio de los casos de los accidentes en trabajos en altura mediante la prevención de riesgos en los trabajos, en concreto en trabajos producidos en aerogeneradores.

Aún más, si tenemos en cuenta el auge del sector eólico a nivel mundial, y que según un informe de la Agencia Internacional de las Energías renovables (IRENA)<sup>4</sup>, a fecha 31 de diciembre de 2020, ya trabajan en el sector más de 1.650.000 personas. Adjunto grafica en el (Anexo 3)

También en lo que respecta a los trabajos en altura realizando el mantenimiento de los aerogeneradores, hay que tener en cuenta que de los 26.800 MW de potencia que tiene España instalados en 2020, según la AEE, ya hay más de 15.000 MW con más de 15 años de antigüedad, como se muestra en el (Anexo 4), lo que aumenta el riesgo de avería y por tanto mayor mantenimiento.

Al ser un sector en plena expansión, hay que tomar en consideración posibles cambios tanto en normativas, como en elementos que pueda facilitar el trabajo de los operarios.

### **3. OBJETIVOS.**

Con la redacción de este proyecto se pretende dar a conocer la necesidad de seguir las medidas y protocolos de actuación de seguridad, ya que en labores como son las realizadas en altura, es imprescindible ejecutar los procedimientos con todas las garantías de seguridad.

Con este Trabajo Final de Máster, se quiere examinar los tipos de actividades que se realizan y los riesgos que existen al ejecutar labores de mantenimiento en aerogeneradores según el conocimiento propio en esta tipología de trabajos, en los cuales se producen un elevado número de accidentes graves y fallecimientos.

Así como, las medidas preventivas y equipos que se pueden utilizar tanto de forma individual como colectiva para evitar riesgos, protocolos de intervención ante accidentes y posibles cambios que se deberían de realizar a la hora de formar a los trabajadores.

Y por último se hará una visión de cuáles son las perspectivas de futuro, y la necesidad de seguir avanzando en el estudio y medidas de prevención, con nuevos dispositivos anticaidas, útiles robotizados y nuevas herramientas que ayuden a minimizar los riesgos, de unos trabajos ya por si complicados.

## 4. MATERIAL Y METODOS.

Para llevar a cabo el presente trabajo, se ha utilizado principalmente conocimientos adquiridos durante años de trabajo, realizando tareas inicialmente de mantenimiento de aerogeneradores y posteriormente como ingeniero en labores de diseño y construcción de prototipos de robots, para facilitar el trabajo y evitar el elevado riesgo que conlleva este tipo de operaciones realizadas en altura.

Igualmente, la gran mayoría de las imágenes de partes y de trabajos en aerogeneradores, son de autoría propia y se han realizado exclusivamente para este trabajo.

Además, se han consultado distintos documentos, guías y catálogos relacionados con los trabajos en altura para la realización de este trabajo.

A su vez, se ha utilizado el buscador de Google para recopilar datos, y rastrear documentación tanto en prensa, como en webs especializadas de asociaciones y grandes empresas de energías renovables, para saber en qué punto se encuentra la energía eólica, en España y a nivel mundial y cuáles son sus perspectivas de futuro respecto a la generación de empleo, utilizando términos como aerogenerador, caídas en altura, accidentes laborales, prevención, etc...

Incluso se ha buscado los protocolos de actuación, para saber la forma de proceder ante alguna situación de riesgo.

Y todo ello, para conocer en que situaciones el operario puede correr riesgo de accidente, y así intentar minimizar los peligros, dando soluciones a las actuaciones que conllevan más riesgo de este tipo específico de trabajo, el cual se realiza a mucha altura y con condiciones climatológicas cambiantes, lo que dificulta la actividad.

Para evitar todos los trabajos que acarreen algún tipo de peligro, se siguen estudiando e inventando elementos que puedan ayudar o sustituir al trabajador en los trabajos más complicados, para así bajar el número de accidentes graves y la mortalidad en este trabajo con un nivel alto de riesgo grave.

Se ha utilizado un programa de diseño por ordenador en 3D como es el AutoCAD Inventor, para recrear la simulación del prototipo de limpieza y pintura de aspas, que puede evitar posibles accidentes en la realización de esas tareas.



## **5. RESULTADOS Y DISCURSIÓN.**

Los trabajos en altura se pueden realizar de diferentes modos, se diferencian entre los realizados sobre algún tipo de soporte, como pueden ser andamios, grúas, escaleras, cubiertas, plataformas, etc.... y por otra parte los llamados "Trabajos Verticales."

Ambos tipos se desarrollan a lo largo de este capítulo.

Se denominan trabajos verticales a las técnicas de aproximación a lugares de difícil acceso mediante cuerdas, anclajes y aparatos o elementos de progresión, que junto con sistemas anticaídas y un equipo de prevención individual específico para la realización de tareas a cierta altura.

### **5.1. SEGURIDAD EN EL TRABAJO EN ALTURA.**

Según el INSST, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, la seguridad en el trabajo es el conjunto de técnicas y procedimientos que busca eliminar o disminuir los posibles riesgos de que ocurran accidentes en los puestos de trabajo

En este apartado quisiera dar una visión de las diferentes tipologías de actuación para realizar trabajos a partir de 2 metros de altura por encima del piso inferior.

Los trabajadores tienen una guía para la realización de la tarea, como son las normas técnicas preventivas, las llamadas a partir de ahora NTP, que orientan para seguir sus recomendaciones de utilización en el uso de elementos y de pautas en el método de trabajo.

#### **5.1.1. TIPOLOGÍA DE TRABAJOS EN ALTURA.**

##### **- Trabajos con escaleras manuales.**

Las escaleras manuales son utensilios portátiles que consisten en una estructura paralela o inclinada unida por travesaños y que se utiliza para subir o bajar una persona de una altura a otra. Se suelen utilizar para tareas cortas y de poca complicación, y son muy utilizadas por su facilidad de manejo.

Tipos de escaleras manuales, según la NTP 239 del INSST: Escaleras simples de tramo, escaleras dobles de tijeras, escaleras extensibles, escaleras transformables y escaleras mixtas con rótula.

**- Trabajos en escaleras fijas.**

Es una tipología de escalera de carácter definitivo que permite ascender y descender a personas a los diferentes niveles de altura sirviendo para comunicar entre sí los diferentes pisos de los edificios. Los trabajos en este tipo de escalera son escasos y se dan para el propio mantenimiento de dicha escalera.

Las caídas en ellas representan aproximadamente el 5 % del total de accidentes anuales registrados en España según la NTP 404 del INSST.

**- Trabajos en andamios de borriqueta o caballete**

Por andamio se entiende una construcción provisional o móvil, que sirve como auxiliar para la ejecución de las obras, haciendo accesible una parte del edificio que no lo es y facilitando la conducción de materiales al punto mismo de trabajo.

Andamio de borriquetas es el constituido por dos caballetes, de ahí su nombre, sobre las que apoyan unos tablones para formar el piso del andamio, plataforma de trabajo, regulable en altura o no. Se trata de un andamio sencillo de albañilería, de fácil manejo.

La norma que los reglamenta es la NTP 202 del INSST.

**- Trabajos en Torres móviles.**

Son estructuras de andamio tubular que utiliza elementos prefabricados para el fácil montaje y posible desplazamiento manualmente sobre superficies lisas y firmes, son autoportantes, tiene varias plataformas de trabajo y se apoya sobre cuatro montantes nivelados con la ayuda de cuatro ruedas dotadas de un sistema de frenado.

La norma que aconseja acerca de su montaje y las condiciones trabajo sobre la torre es la NTP 695 del INSST.

**- Trabajos en andamios colgados móviles de accionamiento manual.**

Son construcciones auxiliares que se suspenden de cables que se desplazan por las fachadas verticalmente mediante un mecanismo que alza o desciende la plataforma accionada manualmente.

Son muy útiles para la realización de trabajos sobre cerramientos de fachadas de edificios y reparaciones diversas en trabajos de rehabilitación de edificios.

Por contra, la instalación de los soportes de la estructura suele permanecer fijos en la cubierta.

La NTP 530 del INSST es la norma que asesora acerca esta tipología de andamios, para prevenir posibles accidentes, con sus consejos de su utilización de forma segura.

**- Trabajos con plataformas elevadoras móviles para personal.**

También llamadas (PEMP) son máquinas móviles destinadas a desplazar personal de una posición a otra para la realización de trabajos desde la plataforma. Los accesos y las salidas a dicho útil se hacen desde las posiciones a nivel del suelo o sobre el chasis. Estas plataformas tienen una mesa de trabajo con controles u órganos de servicio, la estructura extensible y un chasis con las 4 ruedas para su desplazamiento.

**Otras tipologías:**

A continuación, menciono las dos últimas tipologías de trabajos, en las cuales son imprescindibles para su realización los equipos de trabajos verticales, como son las cuerdas, los arneses, los aparatos de progresión tanto ascendentes llamados bloqueadores y aparatos de descenso como los shunt, sistemas anticaídas, conectores como pueden ser los mosquetones o maillones, una saca para llevar las herramientas y otros utensilios, una silleta y aparte los EPI's especiales para dicho trabajo.

**- Trabajos en cubiertas de materiales ligeros.**

Entendemos cubiertas de materiales ligeros, las superficies no concebidas para soportar el tránsito de personas sobre los mismos y son construidas de diversas formas, pueden ser de placas planas, onduladas o nervadas, y no se pueden transitar salvo que se adopten medidas de protección.

Los principales materiales de este tipo de estructuras son: vidrio, amianto-cemento, chapa ondulada de espesor inferior a 10 cm. de resinas de poliéster o polímeros termoplásticos, pizarra o tejas.

**- Trabajos verticales.**

La utilización de esta técnica es aconsejable en aquellos casos donde el montaje de otros sistemas resulte complejo técnicamente, presente un riesgo mayor que realizarlo mediante

este método, o económicamente sea más rentable, ya que el tiempo trabajo sea menor que el del montaje de la estructura para la realización de la tarea con otro método.

Los campos de aplicación más utilizados en estas técnicas son:

- Rehabilitación de edificios nuevos, antiguos o monumentos.
- Trabajos de montaje en naves y equipos industriales en altura.
- Líneas eléctricas aéreas.
- Presas y centrales hidráulicas.
- Trabajos diversos en frentes rocosos y taludes.
- Mantenimiento de aerogeneradores por el exterior.

### **5.1.2. RIESGOS EN LOS TRABAJOS EN ALTURA POR TIPOLOGÍA.**

#### **- Trabajos con escaleras manuales.**

Al ser uno de los tipos de herramienta manual más comunes por los oficios, son a su vez uno de los causantes de más accidentes.

Los diferentes riesgos más habituales de esta tipología son:

- **Caídas de altura.**

Se puede producir por deslizamiento del apoyo de la base o de la parte superior de la escalera, por rotura de los peldaños, desequilibrio del trabajador subiendo cargas, basculación hacia atrás al instalarse demasiado vertical o por un simple descuido al pisar mal el escalón.

- **Atrapamientos.**

Con partes móviles de las escaleras, entre la escalera y elementos fijos, o entre los propios escalones.

- **Caída de objetos sobre otras personas.**

Durante la realización de los trabajos puede existir riesgo de caída de herramientas u objetos manipulados que pueden impactar sobre algún trabajador de apoyo al trabajador que se encuentra efectuando los trabajos o alguna persona que se encuentre pasado por debajo o junto a la escalera.

- **Contactos eléctricos directos o indirectos**

Al utilizar escaleras metálicas para trabajos de electricidad o por tocar por despiste alguna línea eléctrica.

- **Accidentes varios.**

Por producirse un desfallecimiento, mareo o vértigo al trabajador estando encima de la escalera.

- **Trabajos con escaleras fijas.**

Se pueden producir golpes leves con la propia escalera y pequeñas caídas al mismo nivel, pero también en las escaleras se pueden producir accidentes graves.

Los principales factores de riesgo son:

- Son diseñadas incorrectamente por ser demasiado inclinadas, estrechas o anchas.
- Las Huellas se encuentran resbaladizas, irregulares, inclinadas o ancho no uniforme.
- Las Contrahuellas que varía la altura o son demasiado altas o demasiado bajas.
- Existe variación de anchura del peldaño y en escaleras de caracol.
- La visibilidad limitada por iluminación deficiente.
- Los peldaños en voladizo con barandillas bajas, débiles o inexistentes.

Todo ello potenciado por un uso inapropiado o utilizarlas de forma inseguras, como:

- Subir o bajar con prisas o en grupo.
- No utilizar los pasamanos y/o las barandillas.
- Llevar calzado inseguro (suelas que puedan deslizar, tacones altos, etc.).

- **Trabajos en andamios de borriqueta o caballete**

- **Caídas a distinto nivel.**

Puede ser causada por la mala colocación de los apoyos, por utilizar parcialmente el andamio o por deficiencias en las medidas de prevención aconsejadas.

Según NTP 202, la distancia máxima permitida entre borriquetas no superará los 3,6 metros sea cual sea el espesor del tablón, la cual se reducirá conforme se reduzca el espesor de 7,5 cm. y siempre se dejarán mínimo 20 cm. que sobresalgan por fuera del apoyo.

También otras medidas que se contemplan es esta norma para evitar posibles accidentes serán: se desecharán los tablonos con nudos o grietas, no se podrán utilizar de caballete ningún material de obra o utensilio auxiliar no específico para ese fin, y a partir de los 2 metros de altura deben de contar con barandillas.

- **Contactos eléctricos directos o indirectos.**

Por realización de trabajos cercas de líneas eléctricas con los conductores desnudos.

- **Trabajos en Torres móviles.**

A continuación, enumero los principales riesgos presentes en las torres de trabajo móviles, junto a sus causas más habituales.

- **Caídas a distinto nivel.**

Se pueden producir a causa del montaje o desmontaje incorrecto de la estructura, por acceder a la zona de trabajo trepando por el exterior de la estructura, por la ausencia de barandillas de seguridad o por tener una insuficiente anchura de la plataforma de trabajo.

También son habituales a causa del vuelco del andamio por estar incorrectamente apoyado en el suelo, o por superar la altura máxima en relación al lado menor de su polígono de sustentación.

- **Derrumbe de la estructura.**

Pueden ser causa por superar la resistencia máxima permitida, por ceder el terreno en su superficie de apoyo, o por una deformación o rotura de algún elemento de la estructura por deterioro.

- **Caída de materiales sobre personas.**

Alguna herramienta o material descargado en la plataforma puede caer de ella al no contar con rodapié, también se le puede escurrir al trabajador al realizar alguna tarea de posible esfuerzo y a veces con las manos ocupadas, otro accidente habitual se puede dar al caer algún elemento de la estructura tanto en el montaje o desmontaje del propio andamio.

- **Contactos eléctricos directos o indirectos.**

Puede ser provocado por no respetar las distancias de seguridad u otras medidas preventivas respecto a líneas eléctricas tanto de alta tensión como de baja tensión o en líneas aéreas que se encuentran contempladas en el RD 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico

- **Caídas al mismo nivel**

En el propio andamio también se pueden producir caídas al mismo nivel ya sea por falta de orden y limpieza en la superficie de las plataformas de trabajo, como por no fijarse por donde se anda, incluso al ser móvil existe la posibilidad de golpearte la cabeza con alguna parte fija mientras te encuentras en movimiento.

- **Trabajos con plataformas elevadoras móviles de personal.**

Realizando trabajos sobre plataformas móviles existe un riesgo extra de que se produzcan accidentes ya que el terreno inusualmente es plano y firme.

Los principales riesgos asociados al uso de las PEMP son:

- **Caídas a distinto nivel.**

Se pueden deber por causa del basculamiento del conjunto del equipo al estar situado sobre una superficie inclinada, podría hacer efecto catapulta al pasar por un bordillo o por la falta de estabilizadores.

También el vuelco de la plataforma la puede causar una fuerza lateral, como la que puede ejercer la presión del agua de una manguera al limpiar la fachada de un edificio o la fuerza del aire.

Y como no, el mal uso de la plataforma puede causar su vuelco y la caída de los trabajadores que se encuentren arriba, como puede ser al aumentar la superficie de la plataforma de trabajo con estructuras adicionales, sobrecargar la plataforma o usar la PEMP como grúa para elevar cargas suspendidas.

- **Caída de materiales sobre personas.**

Al producirse una inclinación en la plataforma, ya se encuentre parada por el hundimiento de alguno de los apoyos, o en marcha por transcurrir por una pendiente o escalón, se puede

deslizar material o alguna herramienta acumulada o apoyada en la base de la plataforma y caer sobre posible personal de apoyo o a alguna persona que transcurra indebidamente cerca de la plataforma.

- **Caídas al mismo nivel.**

Puede ser debido a falta de limpieza y de orden en la superficie de la plataforma.

- **Golpes o atrapamiento del operario contra objetos fijos o móviles.**

Estando subido a la plataforma, el trabajador se puede golpear contra algún elemento fijo o móvil que se encuentre en el camino de la cesta cuando esta se encuentre en movimiento.

Y los atrapamientos se pueden producir al intentar subir y bajar de una plataforma de tijera por el exterior una vez ya está arriba de forma incorrecta o al bajar dicha plataforma estando algún trabajador abajo mal colocado pudiendo ser golpeado con la base de la cesta.

- **Contactos eléctricos directos o indirectos.**

Al igual que en otros tipos de andamios al trabajar en altura los trabajadores están expuestos a trabajos en proximidad a líneas eléctricas de A.T. y/o B.T. ya sean aéreas o en fachada.

También se debe de evitar trabajar con las PEMP en caso de tormentas con aparato eléctrico, ya que al ser una maquinaria puramente metálica puede hacer de toma de tierra y un rayo podría impactar sobre ella.

- **Quemaduras o intoxicaciones.**

Otros riesgos menos comunes pero existentes son las intoxicaciones al cargar las baterías en lugares cerrados con mala ventilación, al que se le suma el riesgo de quemadura por la explosión por vapor de hidrógeno, aparte se pueden dar quemadura por la rotura de alguna manguera a presión a causa de salpicaduras del líquido hidráulico o por tocar partes calientes del motor.

- **Trabajos en cubiertas de materiales ligeros.**

Unos de los objetivos del presente trabajo es dar a conocer los distintos tipos de factores de riesgo a los que se enfrentan los operarios que realizan trabajos de altura, en este caso sobre cubiertas que pueden ser de diferentes formas y de diferentes materiales, sobre los



que no se podría pisar sin un previo estudio por el riesgo a la rotura, con la consiguiente caída.

- **Caídas de altura a través o desde cubiertas.**

Los riesgos más comunes de trabajar en cubiertas se deben a caídas a causa de posibles roturas de la superficie de trabajo y de caídas en el ascenso o descenso de dicha cubierta.

Las roturas se pueden producir por una mal pisada del operario sobre una superficie de trabajo no preparada para dicha acción, como puede ser con la colocación de pasarelas o por una sobrecarga puntual de material de construcción en una cubierta no preparada estructuralmente para dicho fin.

Los accidentes en el acceso a las cubiertas también son una causa de caídas, ya que es el primer momento que acometemos antes de la instalación de elementos de seguridad y el ascenso o descenso queda expuesto al percance.

- **Trabajos verticales.**

Los principales riesgos derivados de los trabajos verticales son la caída de trabajadores y la caída de materiales sobre personas o bienes, pero aparte existen otros tipos de accidentes habituales de esta tipología de trabajo, como pueden ser los causados por las herramientas auxiliares que pueden provocar cortes, quemaduras y heridas de diversa índole.

Igualmente, durante la realización de trabajos en fachadas o estructuras por la que pasan líneas de tensión también pueden ocasionar riesgos eléctricos.

Aparte de accidentes, también se encuentran las enfermedades por las condiciones ergonómicas del trabajo y las horas de exposición a dicha postura como fatiga o síndrome del arnés.

- **Caídas a distinto nivel.**

Las caídas a distinto nivel de personas son especialmente graves ya que desde la altura que se producen suelen ser mortales.

Las posibles causas son muy variadas, la mala planificación de los trabajos que puede llevar a efectuar acciones arriesgadas no esperadas, la mala utilización de los EPI's específicos para estos trabajos, ya que son más técnicos y se necesita un mayor control y de unos conocimientos previos a los trabajos para la correcta utilización, y la mala colocación o deterioro de los puntos de anclajes, que puede provocar una merma en la seguridad.

También la rutina puede ser causa de riesgo, puesto que los trabajadores dejan de estar en alerta y la costumbre puede dar una falsa sensación de seguridad que puede llevar a la relajación de las medidas de prevención y ser la causa de accidentes

- **Caída de materiales sobre personas y/o bienes.**

Al tener el trabajador que acarrear herramientas sueltas mientras que procede al ascenso o descenso y durante que realiza los trabajos pertinentes, pueden producirse caídas de material bajo la vertical de donde se encuentra dicho trabajador.

También se pueden ocasionar accidentes con elementos desprendidos de la superficie de apoyo del trabajador, que del propio roce o por estar actuando sobre ella puede provocar desmoronamientos, con la consecuente caída sobre personas o bienes.

- **Accidentes por cortes, quemaduras y heridas**

Los trabajos efectuados en esta tipología exigen el uso de herramientas manuales en muchos casos rotatorias, afiladas, puntiagudas y eléctricas con baterías portátiles generadoras de calor, todo ello conlleva un riesgo adicional al no encontrarse sobre una superficie fija, y al estar a merced de las condiciones ambientales, se pueden producir todos esos accidentes de forma accidental.

A todo ello se suma las quemaduras que puede causar la cuerda por la fricción con cualquier parte del cuerpo al realizar desplazamientos de descenso en los que se coge más velocidad que en los de ascenso.

- **Accidentes por riesgos eléctricos.**

Se pueden deber a varias causas, una es por electrocución con las propias herramientas eléctricas a causa del contacto con agua, ya sea por agua de lluvia o por estar realizando trabajos de limpieza con líquidos, y otra más habitual por contacto con alguna línea eléctrica ya sea de baja como de alta tensión, para prevenir el riesgo se deben aplicar los criterios establecidos en el Art. 4.2 del RD 614/2001, ya nombrado anteriormente.

- **Enfermedades causadas por el trabajo.**

Los trabajadores que realizan continuamente labores colgados de cuerdas, son propensos a la enfermedad llamada "Síndrome del Arnés" que es una patología causada por la combinación de los factores de suspensión e inmovilidad.

Al estar durante tiempo continuado amarrado con el arnés, las cintas de éste hacen el efecto torniquete, lo que puede suponer falta de flujo de sangre que entra al corazón, que podría conllevar la consiguiente falta de oxígeno en cerebro y por lo tanto la muerte cerebral.

Por ello es importante el uso de EPI's especializados y la incorporación de una silleta que evite el efecto estrangulamiento sobre las piernas.

También hay que prestar atención a las condiciones climatológicas ya que un prolongado tiempo de exposición al sol puede provocar deshidratación y quemaduras por lo que es importante una buena protección para evitar posibles efectos adversos en el trabajador.

El siguiente apartado se centra en el último punto, el cual se desarrolla más minuciosamente para tener una visión más detallada de las medidas preventivas a adoptar y las particularidades que rodean los trabajos en altura, los cuales requieren equipo de escalada y necesitan indispensablemente cuerdas para su sujeción, especialmente los trabajos relacionados con el mantenimiento de los aerogeneradores por el exterior.



## **5.2. TRABAJOS EN ALTURA EN AEROGENERADORES.**

Con la aprobación del Proyecto Ley del Cambio Climático y Transición Energética, del 19 de mayo del 2020 en la que guía al sector energético a la obtención del 100 por 100 de energía creada en nuestro país, con 0 emisiones en 2050, las energías renovables y en concreto la energía eólica, tomará un papel muy importante en el sector laboral con la creación de un elevado número de contrataciones.

El sector eólico es el 2º más relevante de las energías renovables, aparte de ser el más complejo desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, ya que las principales características de los trabajos son el viento y la altura.

### **5.2.1. METODOLOGÍA DEL TRABAJO.**

Las principales operaciones de los trabajadores en altura, se pueden clasificar en 2 grandes bloques: el de mantenimiento preventivo y el de mantenimiento correctivo.

Dentro del mantenimiento preventivo, se realizan faenas periódicamente para tener el aerogenerador en las mejores condiciones para su funcionamiento y se realizan a todos por igual.

Estas tareas son de lubricación, limpiezas técnicas de maquinaria y revisiones e inspecciones generales.

Y dentro del mantenimiento correctivo, están las pequeñas averías, las que necesitan un cambio de parte del equipo y las que requieren una actuación sobre una parte externa del aerogenerador.

En este trabajo nos centramos en estas últimas, en las operaciones de mantenimiento correctivo en la parte externa de los aerogeneradores, pintura de las juntas oxidadas, la inspección y reconstrucciones de palas por erosión o golpes con alguna ave y las mas usuales la limpieza de la torre por vertidos de aceite por la junta de rotación entre la torre y la góndola.

Las pinzas de freno deben estar siempre bien lubricadas, y en ocasiones se rompe el retén que hace de junta, la cual hace protección, ocasionando derrames de aceite por toda la torre del aerogenerador.



FOTO NÚM. 1: PINZAS DE FRENO DE LA GÓNDOLA

Fuente: Autoría propia.



FOTO NÚM. 2: VERTIDO DE UN AEROGENERADOR

Fuente: Autoría propia.

La prevención de riesgos en este tipo de trabajo es muy importante, por la peligrosidad de las operaciones.

Desde que los trabajadores salen de su centro de trabajo corren riesgo, ya que la ubicación de los aerogeneradores suele ser en las crestas de las montañas, lugares de difícil acceso por lo que simplemente llegar a la base ya es a veces complicado.

Una vez que se encuentren en la zapata del molino lo que cada trabajador tiene que hacer es preparar su equipo de trabajo, que se dividirá en 2, el EPI's que lo acompañara en el ascenso al aerogenerador, y el equipo que será alzado por el polipasto una vez que el trabajador llegue a la góndola.



FOTO NÚM. 3: PANTALLA TÁCTIL QUE SE ENCUENTRA A NIVEL DEL SUELO

Fuente: Autoría propia.

Antes de cualquier operación el técnico tiene que bloquear el giro del aerogenerador primero a través de una pantalla táctil, en los nuevos aerogeneradores, o con una botonera en los más antiguos, en la que con los diferentes comandos frena las vueltas de las aspas y las que se giran y las palas se colocan a favor del aire para que la fuerza del viento ejerza menor fuerza sobre ellas.

Una vez se ha parado el rotor mediante los comandos, es necesario asegurarnos antes de realizar ninguna maniobra apretando una seta de seguridad.



FOTO NÚM. 4: BOTONERA MANUAL DEL INFERIOR Y SETA SEGURIDAD

Fuente: Autoría propia.

El ascenso a la góndola del aerogenerador se realiza a través de una escalera de aluminio por el interior de la torre de los molinos, en el caso de los más evolucionados que actualmente se están implantando ya llevan un sistema de ascensor en el interior por la gran altura que alcanzan, en tierra llegan hasta 150 metros y en el mar hasta 220 metros.



FOTO NÚM. 5: TRAMO ESCALERA INTERIOR DE UN AEROGENERADOR

Fuente: Autoría propia.

Para ascender siempre hay que llevar el EPI's especial para trabajos en altura, ya que el arnés y elementos de ascenso son vitales para la seguridad. Una vez situados en la escalera, el operario tiene que asegurarse con una cinta relativamente corta que te deje maniobrar, a un dispositivo anticaídas que está conectado a un cable de acero. Este elemento llamado Stop solo asciende, y en cuanto se le ejerce una fuerza descendente pinza el cable y se bloquea, es importante, ya que ante alguna caída es el único sistema que evita el accidente.

La subida al aerogenerador suele tardar de 15 minutos a 20 minutos, dependiendo de las paradas que se efectúen en el ascenso. En las subidas solo puede haber un trabajador por tramo, y cada tramo va delimitado por un cerramiento con una trampilla, la cual tiene que cerrar tras su paso, para evitar que algún objeto que se le pudiera caer al trabajador mientras que sube, alcanzara en la cabeza a otro que este inmediatamente debajo de él.



FOTO NÚM. 6: CERRAMIENTO ENTRE TRAMOS

Fuente: Autoría propia.



Una vez se supera la última trampilla que da el acceso a la góndola y antes de soltarse del anticaídas, el técnico tiene que asegurarse con una cinta auxiliar con un mosquetón de seguridad de cierre automático a una de las anillas de anclaje.

Tras el cierre de la última trampilla ya puede soltarse de ese punto de anclaje.

Una vez en la góndola o nacelle existen varios puntos de seguridad con diferentes setas, las cuales bloquean los diferentes engranajes que hacen girar las aspas, las cuales ahí que quitar una vez se hayan acabado todos los trabajos.

La primera que se ahí, está nada más subir por las escaleras y cerrar la última trampilla, que es donde se encuentra el acceso al nacelle.



FOTO NÚM. 7: SETA SEGURIDAD ACCESO

Fuente: Autoría propia.

También hay otras 2 setas de seguridad en la nacelle, una en los armarios eléctricos de la parte trasera, cerca del polipasto por donde se suben y bajan materiales a través de la trampilla del suelo, y otra en la parte delantera, cercana al buje que bloquea al eje lento, que es el responsable del movimiento de las aspas.



FOTO NÚM. 8: SETA PARTE TRASERA DE LA NACELLE EN LOS ARMARIOS ELÉCTRICOS

Fuente: Autoría propia.



FOTO NÚM. 9: SETA PARTE DELANTERA EN EL BUJE EN EL EJE LENTO

Fuente: Autoría propia.

El procedimiento de trabajo indica que se debe bloquear manualmente el eje de giro rápido del rotor, para que no puedan activar el aerogenerador desde la central por un error humano, esto se realiza trabando el disco del eje de giro con un perno llamado T, quedando bloqueado el movimiento de rotación de las aspas.



FOTO NÚM. 10: PASADOR EN FORMA DE T PARA EL BLOQUEO MANUAL BUJE

Fuente: Autoría propia.

Ya asegurado el entorno de trabajo, ya se puede acceder a la parte trasera donde se encuentra el polipasto, para subir el resto del equipo necesario para realizar las diversas operaciones de mantenimiento.

Una vez situado en la parte trasera y antes de abrir la puerta para sacar el polipasto, también es de obligado cumplimiento el amarre a la argolla que se encuentra en la multiplicadora con una cuerda con absolvedor de energía, que ante una caída por la trampilla hacia el exterior sirve como un elemento de seguridad y evita un golpe seco amortiguando la caída.

Siempre debe haber un trabajador de apoyo en la base del molino, con el que se mantiene la comunicación a través de un walkie talkie o teléfono móvil, el cual una vez haya enganchado los macutos de las cuerdas y la herramienta pertinentes, en el cable de acero del polipasto, se debe retirar dicho trabajador y todos los vehículos, un mínimo de 50 metros desde la base del aerogenerador por si se produjera alguna caída de material.

Según la tarea a realizar, los amarres serán diferentes, no serán los mismos puntos de amarre para acceder por la parte delantera del rotor, para la revisión o mantenimiento de las palas, que para realizar el salto por los laterales para limpiar las fugas de aceite por la rotura de la pletina que hace de retén.

Este último trabajo es el más común de los trabajos realizados por el exterior de los aerogeneradores y más peligroso conlleva.

Para dicho trabajo tienen que saltar cuatro técnicos, dos por cada lateral para poder abarcar la totalidad del área del aerogenerador. Cada trabajador no puede cargar con más de 10 kg. de carga sobre su propia cuerda, por ello cada trabajador cuenta con dos cuerdas, la suya propia donde se encuentra sustentado y una auxiliar, que aparte de servirle de seguridad por si la principal sufriera algún deterioro, también se utiliza para cargar el equipo.

El amarre se realizará siempre que se pueda desde el interior de la góndola, colocando cada trabajador su argolla con sus dos cuerdas en cada punto de amarre habilitado en la multiplicadora, que es una de las partes más grandes y pesadas que se encuentra fijada a la góndola.



FOTO NÚM. 11: ARGOLLAS PARA AMARRE EN LA MULTIPLICADORA

Fuente: Autoría propia.

Una vez realizado el amarre principal las cuerdas se suben al exterior del aerogenerador a través de la escotilla superior, por la que también saldrán los trabajadores a la superficie. Este paso se realizará de uno en uno, evitando el tránsito innecesario y siempre amarrados, usualmente se utilizará una cuerda de doble gancho para colocarse en posición.

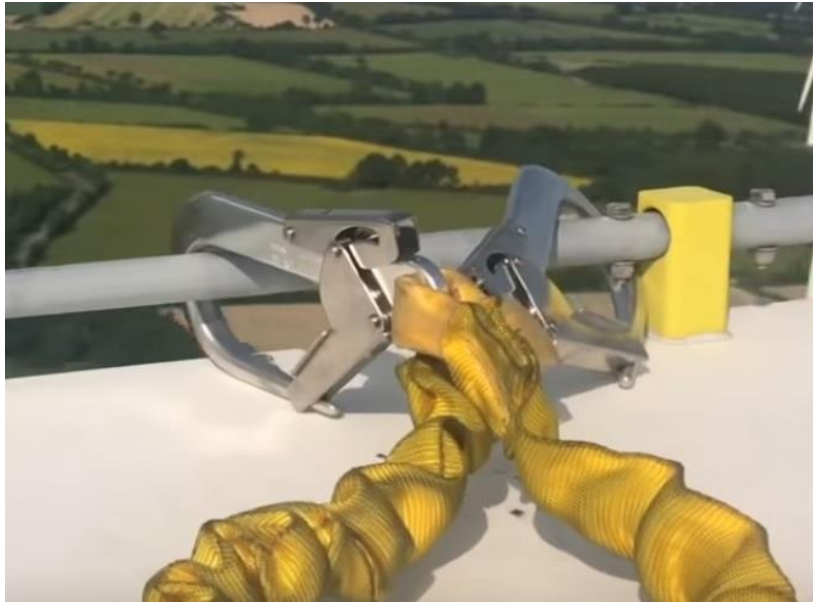


FOTO NÚM. 12: SUJECCIÓN DOBLE GANCHO

Fuente: Autoría propia.

Antes del salto hay de realizar una verificación, tanto del EPI's propio como del resto del equipo y revisar que las cuerdas no toquen ningún borde afilado que pueda dañar la cuerda, para ello se ponen unos protectores en los puntos que pueda a ver algún tipo de rozamiento.

El estudio de los riesgos ante una operativa con tanta peligrosidad es muy importante, al igual que seguir un protocolo de actuación por parte de los trabajadores, los cuales tienen que tener una instrucción práctica previa, una formación teórica y haber pasado el reconocimiento médico específico de trabajos en altura.

Cuando el trabajador efectúa el salto su destreza y fiabilidad es muy importante ya que la complejidad de realizar un rescate a esa altura dificulta mucho la operación.

Ya cuando todos los trabajadores están colgados de su cuerda, y asegurados a su segunda cuerda auxiliar de carga, con todos los utensilios de limpieza o reparación, se tienen que poner al mismo nivel y unirse entre ellos con otra tercera cuerda, que sirve de guía para poder desplazarse lateralmente por toda la superficie del aerogenerador, para ello también se puede utilizar una sujeción con imanes usada para evitar salir despedido por ráfagas de viento.



FOTO NÚM. 13: LIMPIEZA TORRE CON TRABAJADORES COLGADOS CON CUERDAS.

Fuente: Autoría propia.

Para la limpieza de los aerogeneradores se utiliza un líquido antigrasa muy potente que es corrosivo, y que puede provocar quemaduras en la piel e irritación de ojos, por lo que es importante la utilización de máscara de protección y ropa impermeable para que el trabajador se encuentre seco, ya que se utilizan pistolas de agua a presión para enjuagar y terminar de limpiar la superficie.

El producto antigrasa y toda la suciedad de la torre es recogido en la base del aerogenerador arrastrado por el agua, mediante una pletina pegada en forma de espiral que termina en un depósito, y así evitando que tanto la grasa que lubrica el giro de la góndola respecto a la torre, como el producto de limpieza se disgregue por las inmediaciones

Los trabajadores descienden todos a la vez conforme el aerogenerador se va limpiando, y una vez llegan a la base, mientras que ellos recogen sus equipos, el trabajador que esta de soporte en el suelo sube a la góndola donde se encuentran los amarres, los cuales una vez que los trabajadores se hallan soltado de las cuerdas hay que desenganchar y a bajar los equipos por el polipasto.

Esta operación de limpieza puede llevar incluso más de una jornada, dependiendo del nivel de suciedad de la máquina.

Las largas jornadas, las altas temperaturas, la ropa impermeable, que es poco transpirable, junto a la dificultad de parada, ya que una vez que el técnico baje a descansar, tiene que repetir toda la operación de subida con el sobre esfuerzo que acarrea el volver a subir al aerogenerador, convierte este trabajo en una labor de alto riesgo, tanto de causar bajas por las condiciones en las que desempeñan las tareas y los riesgos que conllevan, como de sufrir accidentes los cuales por la altura un alto porcentaje son mortales.

### **5.2.2. RIESGOS DE TRABAJOS EN AEROGENERADORES.**

Los riesgos a los que los operarios se enfrentan pueden ser:

De origen mecánico por realizar tareas susceptibles de atrapamientos, por riesgo eléctrico al estar en contacto con líneas eléctricas, por accidente por el manejo de herramientas, por la utilización de productos peligrosos como el producto de limpieza, por condiciones climatológicas al estar expuesto a cualquier fenómeno ambiental y por el propio riesgo de los trabajos en altura que ya por sí acarrea numerosos riesgos como golpes, quemaduras, caídas, así como enfermedades crónicas.

- **Estimación del riesgo.**

**Según la probabilidad.**

- **Baja:** el accidente ocurrirá de forma excepcional.
- **Media:** el accidente ocurrirá en algunas ocasiones.
- **Alta:** el accidente ocurrirá a menudo o casi siempre.

**Según la severidad.**

- **Ligeramente dañino:** golpes leves, cortes, dolor de cabeza, magulladuras...
- **Dañino:** quemaduras, dermatitis, asma, sordera, torceduras, conmociones...
- **Extremadamente dañino:** fracturas, intoxicaciones, amputaciones, cáncer y otras enfermedades crónicas.

Según la combinación de dichas variables se obtienen 5 niveles de riesgo para decidir las medidas a adoptar. El riesgo va aumentando de menor a mayor con cada nivel que subamos en la escala, el nivel de control, urgencia y esfuerzo económico debe ser superior conforme aumenta el riesgo.

Niveles de riesgo

		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

TABLA NÚM. 1: NIVELES DE RIESGOS

Fuente: Evaluación de Riesgos Laborales (INSST)

Según: NTP 330: Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente.

**Tipos de riesgos y acción a realizar:**

**TRIVAL:**

Es un riesgo asumible, con baja probabilidad y la actividad no es muy dañina. No es necesario tomar acciones específicas, pero se pueden considerar medidas preventivas que no supongan una carga económica importante.

**TOLERABLE:**

La acción preventiva no necesita ser mejorada, pero sí que se deben estudiar soluciones para que el riesgo no se agrave, sin que el coste de las medidas sea muy elevado. Se deben realizar comprobaciones periódicas para comprobar que se mantiene la eficacia de control y asegurar que no se eleve el riesgo.



**MODERADO:**

Se debe actuar para reducir el riesgo, se tiene que fijar un presupuesto para solventar la causa del riesgo en un determinado periodo.

Este tipo de riesgo está asociado a una consecuencia extremadamente dañina, por lo que lo que habría que reducir sería la probabilidad de que se produzca el accidente con unas medidas de control determinadas.

**IMPORTANTE:**

Cuando un riesgo se ha considerado importante la actividad no debe empezar hasta que esa valoración baje de categoría.

Las medidas preventivas deben implantarse en tiempo menor al del riesgo moderado y habría que destinar unos recursos económicos acorde con el riesgo.

**INTOLERABLE:**

Se valora intolerable cuando la probabilidad es elevada y el riesgo extremadamente dañino, por lo que el trabajo no debe comenzar ni seguir hasta que el riesgo se reduzca.

Se deben aplicar recursos ilimitados e incluso en caso de que no se pueda reducir ese nivel de riesgo el trabajo debe de ser prohibido por ser altamente perjudicial para la vida del trabajador.

Según nuestro contexto de trabajo en Aerogeneradores la valoración de riesgo que se produce es **MODERADA**, especialmente por la severidad de daño que se produce en los accidentes a alta altura, los cuales son extremadamente dañinos para los operarios, ya que cualquier caída a distinto nivel suele ser mortal.

- **Descripción de riesgos en trabajos en aerogeneradores.**

Se pueden clasificar en 4 categorías, pueden ser según: el riesgo de seguridad, los riesgos higiénicos, los riesgos ergonómicos y los riesgos psicosociales.

Están colocadas de mayor riesgo que acarrea para el trabajador a menor.

➤ **Riesgos de Seguridad.**

Son aquellos que produce algún daño o accidente al encontrarse o al usar alguna herramienta, aparato o contacto con maquinaria en el lugar de trabajo.

1. Por caída de personas a distinto nivel.

Sería uno de los mayores riesgos de esta tipología de trabajo, ya que tanto las caídas por el interior de la torre, como las caídas desde la góndola suelen ser mortales.

2. Explosión e incendio:

El principal trabajo de mantenimiento de los aerogeneradores es la limpieza de las fugas de aceite, el cual se vierte y se derrama por la junta de unión entre la torre metálica y la góndola. La causa más habitual de incendio es la inflamación por el sobrecalentamiento o alguna chispa de ese aceite y diversos lubricantes, por lo que una buena formación en evacuación es necesaria ya que en ese caso la evacuación mediante el descenso con cuerda sería muy peligroso ya que la cuerda podría arder, y la única salida sería bajar con el cable de acero del polipasto y el trabajador debería llevar una cuerda auxiliar por si el cable de alimentación de la grúa se quemara poder ahora si enganchar la cuerda al gancho del polipasto para descender.



FOTO NÚM. 14: GRÚA O POLIPASTO EN LA PARTE TRASERA NACELLE

Fuente: Autoría propia.

3. Riesgo a contacto eléctrico:

Todo el interior de la torre y la góndola están con cableado eléctrico, tanto para la generación del movimiento inicial, frenado y de los propios cuadros eléctricos para el consumo del aerogenerador, como para la evacuación de la electricidad generada a la subestación.

En el caso los trabajos de limpieza en los aerogeneradores hay que tener especial cuidado por el uso del agua, ya que en el caso que pudiera entrar el agua a presión en el interior de la góndola, podría existir el riesgo de electrocución si los cuadros eléctricos no se encontraran en buenas condiciones.

4. Riesgos de atrapamiento.

Las condiciones de trabajo en los aerogeneradores no suelen ser las idóneas para la realización de las tareas de mantenimiento. Hay que tener la seguridad de que no existan partes en movimiento, ni palas, ni góndola ya que puede existir un riesgo importante de que las cuerdas se enganchen con las palas en movimiento y estas al girar genere una situación de peligro de asfixia al atrapar al trabajador, contra el propio rotor del aerogenerador, por lo que las maquinas deben tener un sistema de paro de emergencia.

También la mala utilización de los elementos de descenso puede provocar algún aprisionamiento de alguna parte del cuerpo y quedarte colgado en una posición peligrosa.

5. Por caída de personas al mismo nivel.

Se podría producir alguna caída dentro de la góndola, ya que el espacio es reducido y existen gran cantidad de elementos estructurales y huecos en la base, y como consecuencias se podrían producir fracturas, esguinces, contusiones, etc.

6. Riesgo de cortes, golpes por objetos y herramientas.

Estando colgados a merced de las condiciones climáticas mediante cuerdas dificulta la utilización de herramientas, por lo que existe un riesgo más elevado de producirse algún corte o golpe. Por lo que sería aconsejable o necesario herramientas que cumplan la normativa

CE, que contengan interruptores de seguridad, protectores y fundas para evitar partes punzantes, salientes o cortantes.

7. Por contacto térmico.

Los aerogeneradores contienen zonas que se pueden encontrar a temperaturas elevadas, como pueden ser partes de la multiplicadora o el eje motriz que llega al generador, que un contacto con dichas superficies puede causar quemaduras. También el roce a cierta velocidad con las cuerdas puede producir abrasiones en las extremidades.

8. Caída de objetos por manipulación.

En los trabajos en altura, toda herramienta y objetos necesarios deben de ir atados, ya que el trabajador tiene que cargar con todos los utensilios para la realización de las tareas, por lo que al maniobrar sino están debidamente sujetos pueden caerse desde una elevada altura y producir tanto algún daño material si cae por ejemplo sobre un vehículo, como un daño personal si impacta contra el trabajador auxiliar que se encuentra asistiendo a los compañeros a nivel del suelo.

➤ **Riesgos Higiénicos.**

Son aquellas condiciones físicas, químicas o biológicas que crean unas circunstancias en el puesto de trabajo que perjudican la salud de los trabajadores produciendo un daño en la salud.

1. Exposición a sustancias nocivas a agentes químicos.

Para los trabajos de mantenimiento de aerogeneradores los productos más utilizados son las pinturas, para restaurar picazos y soldaduras, para evitar que el óxido estropee la estructura metálica de la torre, y el ácido desengrasante, para la eliminación de la grasa de las fugas que se producen en las juntas de unión entre la góndola y la torre.

Es importante el uso de los equipos de protección para evitar irritaciones en ojos y quemaduras en la piel.

2. Exposición a temperaturas extremas.

La climatología es muy importante especialmente en los trabajos en los aerogeneradores, por la dificultad de interrumpir el trabajo para que los trabajadores se tomen un descanso o que se pongan a la sombra, a causa de tener que realizar la jornada continua, ya que supondría un sobreesfuerzo el tener que descender a medio trabajo, y retornar a subir por el interior del aerogenerador y volverse a descolgar. Entre las consecuencias del calor extremo están el malestar, el mareo, las náuseas, a todo ello se le une la sudoración al utilizar ropa impermeable, por el uso de agua con ácidos desengrasantes.

La acción preventiva que se debe llevar a cabo aparte de la ingestión de mucha agua, es la rotación manual de la góndola, para que unas veces la mitad de trabajadores estén al sol y la otra mitad estén a la sombra, y en otros momentos estén en la posición contraria, ya que las cuerdas están fijadas a la góndola y se giran a la vez que ella gira.

3. Exposición a radiaciones no ionizantes.

Los trabajos en la intemperie provocan una exposición a los rayos ultravioletas durante largo periodo de tiempo. Puede producir daño en las retinas y originar cataratas y quemaduras en la piel, al igual que en operaciones de soldadura, con los infrarrojos la protección es muy importante tanto en ojos como en el resto del cuerpo.

4. Exposición al ruido

En los trabajos a cierta altura, el zumbido continuo del viento durante un largo periodo llega a ser muy molesto y puede llegar a generar alteraciones físicas y psíquicas, llegando a producir pérdida de audición, zumbidos y cefaleas, por lo que el casco debe ir previsto de cascos, para así evitar la exposición continua de ráfagas de viento.

En el caso de labores de mantenimiento en aerogeneradores, los trabajadores llevan cascos con emisora para evitar chillidos y poderse comunicar en situaciones de emergencia.

➤ **Riesgos Ergonómicos.**

Son efectos negativos que provocan un trastorno musculoesquelético sobre el trabajador, debido al tipo e intensidad de actividad física que se realiza en su puesto de trabajo.

Hay trabajos que es más fácil que otros mantener la posición correcta del cuerpo a la hora de hacer esfuerzos. En el caso de los trabajos realizados mientras te encuentras colgado de una cuerda, en el cual tienes poca estabilidad y mucha dificultad de movimiento, es complicado realizar tareas manteniendo la postura más idónea

1. Esfuerzo físico.

Se entiende como esfuerzo físico como la cantidad de fuerza que se tiene que hacer para la realización de un trabajo.

En general las maniobras verticales suponen un sobre esfuerzo, porque aparte de trabajo que supone tener que estar colgado, tiene que cargar con materiales para la realización de la tarea determinada y aparte el equipo propio de escalada. Y en concreto en los trabajos en aerogeneradores para iniciar el trabajo, el operario tiene que subir al menos unos 100 metros verticalmente, que es lo semejante a un edificio de más de 33 plantas, por una escalera de aluminio.

2. Manipulación manual de cargas.

Es el transporte de un lugar a otro manualmente de una carga.

Los equipos y útiles para el montaje de los amarres, como son las cuerdas y las argollas de sujeción a la multiplicadora, son cargas de más de 25 kg. para cada uno de los trabajadores, por lo que para los movimientos de equipos deben de estar al menos dos operarios, para evitar desgarros, dislocaciones o hernias.



FOTO NÚM. 15: SUBIDA DE EQUIPOS Y MATERIALES.

Fuente: Autoría propia.

### 3. Posturas forzadas.

Cuando el trabajador a la hora de realizar un trabajo tiene una o varias zonas del cuerpo en una posición no natural.

En los trabajos verticales, los trabajadores tienen que estar largos periodos de tiempo sostenidos mediante una cuerda, a la que se encuentran enganchados con un arnés. Esta forma de sujeción no suele ser muy cómoda, la forma de evitar molestias en forma de lumbalgias o dolores cervicales es mediante el uso de una silleta enganchada directamente a la cuerda por lo que el trabajador se encuentra sentado en modo columpio, y así evita muchas presiones del arnés sobre el tronco y las extremidades.

#### 4. Movimientos repetitivos.

Es cuando una acción se repite continuamente en el tiempo, sobrecargando músculos y forzando articulaciones.

En el caso del mantenimiento de los aerogeneradores, específicamente en las tareas de limpieza requieren movimientos repetitivos constantes, lo que fuerza manos y muñecas durante toda la jornada, lo que puede terminar produciendo tendinitis y el síndrome del túnel carpiano, por ello la importancia del empleo de las herramientas adecuadas e intentar rotar con los compañeros la actividad a realizar.

#### ➤ **Riesgos Psicosociales.**

Según la *Nota Técnica Prevención 443 del INSST* “Son aquellas condiciones que se encuentran presentes en una situación laboral y que están directamente relacionadas con la organización el contenido de trabajo y la realización de la tarea y que tienen capacidad para afectar tanto al bienestar o a la salud (física, psíquica y social) del trabajador como al desarrollo del trabajo.”

##### 1. Carga mental.

En los trabajos verticales y especialmente en los aerogeneradores los trabajadores tienen que soportar una alta presión, porque saben que cualquier error le puede costar la vida, y aunque tienen cerca a los compañeros, realmente el trabajador a la hora de saltar se encuentra solo y los reajustes usuales al realizar el salto del equipo y de las cuerdas que se tensan y ceden unos centímetros, hace que en todos los saltos se cree una incertidumbre y un estrés que solo la experiencia, la habilidad, y la destreza del trabajador hace que disminuya.

Los trabajadores para dicha práctica tienen que estar altamente formados, para cuando llegue el momento del salto al vacío estar relajado y creer en los nudos y amarres realizados previamente.



### **5.2.3. PROCESOS DE INTERVENCIÓN DE EMERGENCIAS.**

Los procedimientos de intervención de emergencia según los protocolos de la empresa Siemens Gamesa Renewable Energy <sup>5</sup> que establece las pautas de actuación ante cualquier accidente.

Tras la recepción del aviso de emergencia el Jefe de Guardia debe coordinar la respuesta de la intervención con el telemando de la instalación fotovoltaica, el que a distancia tiene la posibilidad de realizar las actuaciones remotas pertinentes y puntuales sobre el aerogenerador afectado en el cual se haya producido el daño de la instalación.

El personal de mantenimiento del parque eólico debe recabar información, consensuar el plan de acción, mantener informado e integrar como asesor al Jefe de Guardia en el puesto de mando, ellos preferentemente son los que deben de realizar las operaciones de detención, desenergización y conexión/desconexión del aerogenerador.



*FOTO NÚM. 16: SIMULACRO RESCATE TRABAJADOR HERIDO*

*Fuente: Autoría propia.*

### **Fases generales de actuación.**

1. Recepción del aviso.

- Determinar tipo de siniestro según LAS TIPOLOGÍAS DE EMERGENCIA.
- Solicitar localización mediante coordenadas del aerogenerador.
- Solicitar punto de acceso al aerogenerador por coordenadas y descripción de la ruta.
- Solicitar la presencia de medios sanitarios.

2. Movilización del Jefe de Guardia de parque eólico.

- Comunicación del personal de mantenimiento con Jefe de Guardia para informar del aviso y proponer medidas de actuación.
- El Jefe de Guardia confirma o modifica las medidas propuestas.
- El Jefe de Guardia se pone en contacto con el 112, da el aviso del siniestro con información completa y actualizada, comprueba la movilización de las unidades sanitarias desplegadas, y solicita que centralicen todas las comunicaciones en su persona.
- El Jefe de Guardia se comunica y se coordina con Telemando. Se establece un punto de encuentro entre las dotaciones sanitarias y el personal de mantenimiento.
- El Jefe de Guardia moviliza en el caso de ser necesario los refuerzos internos y externos.

3. Llegada.

- Dirigirse al punto de encuentro establecido.
- Preparar el Protocolo de actuación.
- En caso de incendio posicionar los vehículos a barlovento, y si se produce en el nacelle o las palas, situarse a más de 100 metros.

4. Acción.

- Se establecerá la acción según el procedimiento específico para cada tipología de emergencia.

**LAS TIPOLOGÍAS DE EMERGENCIA.**

En base a la tipología de emergencia se establece los procedimientos, apoyos a movilizar, material colectivo necesario y un proceso operativo concreto:

**A INCENDIO**

A1 CONATO DE INCENDIO

A2 INCENDIO EN TIERRA

A3 INCENDIO EN ALTURA E INCENDIO EN PALAS

A4 INCENDIO EN ALTURA CON VÍCTIMAS

**B ATRAPAMIENTOS**

B1 ATRAPAMIENTO EN EJE RAPIDO, EN BUJE O EN EL NACELLE

B2 ATRAPAMIENTOS EN TORRE

**C PRECIPITADOS**

C1 PRECIPITADOS HASTA TIERRA Y HASTA PLATAFORMAS INTERIORES DE TORRE

C2 PRECIPITADO EN INTERIOR DE PALA

**D ELECTROCUCIÓN**

**PROCESO ACTUACIÓN ESPECÍFICO EN INCENDIO**

• **A1 CONATO DE INCENDIO**

**PLANTEAMIENTO GENERAL**

Se considera conato de incendio a aquel extinguido con un extintor. Se procederá a la extinción del foco cualquiera que sea su localización.

## **SECUENCIA DE ACTUACIÓN**

- 1 DESENERGIZAR Y DESCONECTAR EL AEROGENERADOR
- 2 LOCALIZAR EL FOCO
- 3 EXTINGUIR EL FUEGO
- 4 APLICAR LA VENTILACIÓN POR PRESIÓN POSITIVA
- 5 RASTREAR POSIBLES VÍCTIMAS
- 6 COMPROBAR LA CORRECTA VENTILACIÓN CON EL EXPLOSÍMETRO
- 7 INFORMAR Y TRANSFERIR EL INCIDENTE AL PERSONAL MATENIMIENTO

- **A2 INCENDIO EN TIERRA**

### **PLANTEAMIENTO GENERAL**

Se procederá a la extinción del incendio minimizando los daños por extinción.

### **SECUENCIA DE ACTUACIÓN**

- 1 DESENERGIZAR Y DESCONECTAR EL AEROGENERADOR
- 2 LOCALIZAR EL FOCO
- 3 EXTINGUIR EMPLEANDO PROGRESIVAMENTE LOS SIGUIENTES AGENTES CO<sub>2</sub>, EXTINTORES DE POLVO ABC Y AGUA PULVERIZADA
- 4 APLICAR LA VENTILACIÓN POR PRESIÓN POSITIVA
- 5 RASTREAR POSIBLES VÍCTIMAS
- 6 CUBRIR CON ESPUMA SI EXISTE RIESGO DE REIGNICIÓN
- 7 COMPROBAR LA CORRECTA VENTILACIÓN CON EL EXPLOSÍMETRO
- 8 INFORMAR Y TRANSFERIR EL INCIDENTE AL PERSONAL MATENIMIENTO

- **A3 INCENDIO EN ALTURA E INCENDIO EN PALAS**

### **PLANTEAMIENTOS GENERALES**

En ambos casos los incendios en altura y en palas en ausencia contrastada de víctimas en el interior se actúa en modo defensivo limitando la propagación a vegetación y otras instalaciones.



FOTO NÚM. 17: AEROGENERADOR ARDIENDO <sup>6</sup>

Fuente: Diario digital Gizmodo, 2018, 27 de Abril

<https://es.gizmodo.com/como-se-llego-a-esta-escalofriante-instantanea-el-abra-1825592048>

## SECUENCIAS DE ACTUACIÓN

- 1 DESENERGIZAR EL AEROGENERADOR
- 2 DESCONECTAR EL AEROGENERADOR
- 3 VIGILAR EN LO POSIBLE LA PROPAGACIÓN HASTA LA AUTOEXTINCIÓN
- 4 INFORMAR Y TRANSFERIR EL INCIDENTE AL PERSONAL DE MATENIMIENTO

### • A4 INCENDIO EN ALTURA CON VÍCTIMAS

#### PLANTEAMIENTO GENERAL

En este caso la prioridad es el rescate inmediato de las víctimas, sofocar el incendio debe estar condicionado a la seguridad de las víctimas no teniéndose que encontrar entre el foco y la salida de gases. Por lo que se procederá primeramente a la localización y a la evacuación de las víctimas.



FOTO NÚM. 18: AEROGENERADOR ARDIENDO CON VÍCTIMAS <sup>6</sup>

Fuente: Diario digital Gizmodo (Foto llamada: el ultimo abrazo) 2018, 27 de Abril

<https://es.gizmodo.com/como-se-llego-a-esta-escalofriante-instantanea-el-abra-1825592048>

## SECUENCIA DE ACTUACIÓN

1A EQUIPO DE APOYO DESENERGIZA Y DESCONECTA EL AEROGENERADOR

1B EQUIPO DE INTERVENCIÓN INICIA LA LOCALIZACIÓN DE LA VÍCTIMA

2 EL EQUIPO DE APOYO TIENE QUE REALIZAR UN TENDIDO HASTA MEDIA ALTURA DE TORRE Y PREPARAR EL TURBOVENTILADOR

3 EQUIPO DE INTERVENCIÓN CONTROLA INCENDIO EN LA MEDIDA QUE COMPROMETE LA VIDA DE LA VÍCTIMA

4 LOCALIZADA LA VÍCTIMA, EL EQUIPO DE INTERVENCIÓN GENERA LAS CONDICIONES NECESARIAS PARA COMENZAR LA VENTILACIÓN OFENSIVA

5 INICIAR LA VENTILACIÓN POR PRESIÓN POSITIVA

6 EVACUAR A LA VÍCTIMA

7 RASTREO DE OTRAS VÍCTIMAS

8 EXTINGUIR EL INCENDIO SI ES POSIBLE

9 INFORMAR Y TRANSFERIR EL INCIDENTE AL PERSONAL MATENIMIENTO

## **PROCESO ACTUACIÓN ESPECÍFICO EN ATRAPAMIENTOS**

### **• B1 ATRAPAMIENTO EN EJE RAPIDO, EN BUJE O EN EL NACELLE**

#### **PLANTEAMIENTO GENERAL**

Este tipo de atrapamiento se puede producir durante las operaciones de mantenimiento, estando destapada la carcasa protectora y no estando el eje primario bloqueado.

El atrapamiento se puede producir al engancharse alguna prenda suelta, cuerda o arnés con el eje, evacuando la victima por la trampilla posterior de la nacelle.



*FOTO NÚM. 19: TRAMPILLA INTERIOR DEL NACELLE*

*Fuente: Autoría propia.*

#### **SECUENCIA DE ACTUACIÓN**

- 1 DETENER EL AEROGENERADOR
- 2 BLOQUEAR EL EJE PRIMARIO
- 3 LOCALIZAR A LA VÍCTIMA Y REALIZAR LA VALORACIÓN SANITARIA.
- 4 LIBERAR A LA VÍCTIMA
- 5 EVACUAR POR LA TRAMPILLA EXTERIOR CON AYUDA DEL PUENTE

6 TRANSFERIR A LA VÍCTIMA A LOS SANITARIOS

7 INFORMAR Y TRANSFERIR EL INCIDENTE AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

- **B2 ATRAPAMIENTOS EN LA TORRE**

**PLANTEAMIENTO GENERAL**

Cualquier atrapamiento producido en el interior de la torre, que puede ser causado por diferentes circunstancias ya sea por alguna caída o por alguna causa ajena a la víctima.

Se debe evacuar al herido por el interior de la torre una vez que haya sido estabilizada.

Para ello hay que inmovilizar al accidentado en una camilla específica para ello, y realizar un amarre en la cabecera de la escalera, situando la camilla en posición vertical y situándola por el hueco de la escalera, siempre acompañada por un rescatador que ira guiando la camilla por el interior.

**SECUENCIA DE ACTUACIÓN**

1 LOCALIZAR LA VÍCTIMA Y REALIZAR LA VALORACIÓN SANITARIA

2 LIBERAR A LA VÍCTIMA

3 EVACUAR POR HUECO DE LA ESCALERA INTERIOR

4 TRANSFERIR A LA VÍCTIMA A SANITARIOS

5 INFORMAR Y TRANSFERIR EL INCIDENTE AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

**PROCESO ACTUACIÓN ESPECÍFICO EN PRECIPITADOS / CAIDAS**

- **C1 PRECIPITADOS HASTA TIERRA Y HASTA PLATAFORMAS INTERIORES DE TORRE**

**PLANTEAMIENTO GENERAL**

Entre los accidentes en el interior de la torre están los llamados “de ground”, que son los que producen víctimas por las caídas al suelo a la cota 0 y los accidentes por caídas a las diferentes plataformas del nivel inferior.

Un aerogenerador cuenta con 3 plataformas interiores a las que se acceden mediante una trampilla, que debe permanecer siempre cerrada.

Se trata de una intervención y evacuación de víctimas con politraumatismos.



## **SECUENCIA DE ACTUACIÓN**

- 1 LOCALIZAR LA VÍCTIMA Y REALIZAR LA VALORACIÓN SANITARIA
- 2 EVACUAR HASTA COTA 0
- 4 TRANSFERIR A LA VÍCTIMA A SANITARIOS
- 5 INFORMAR Y TRANSFERIR EL INCIDENTE AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

- **C2 PRECIPITACIÓN EN EL INTERIOR DE LA PALA**

### **PLANTEAMIENTO GENERAL**

Cuando se produce un accidente como el de un atrapamiento o una caída en el interior de una pala, es un rescate complejo.

Los atrapamientos o precipitaciones en las palas se pueden producir al no estar colocadas las tapas del buje. Se pueden dar 3 consideraciones para establecer la prioridad de actuación.

1 Si la víctima se encontrara consciente, con sus constantes vitales correctas y tiene movilidad se intentará el rescate mediante la grúa de la parte trasera y con el propio arnés de la víctima.

2 Si la víctima no se encuentra en condiciones idóneas para la evacuación, un rescatador accedería para realizar el anclaje a la víctima y poder sacarla.

3 En caso de no poder realizar ninguna de las anteriores deberá consensuarse un rescate con los técnicos de la empresa propietaria para la realización de un butrón a la altura en que se encuentra la víctima o el desmontaje de la pala.

## **D ELECTROCUCIÓN**

### **PLANTEAMIENTO GENERAL**

Teniendo en cuenta que todos los aerogeneradores cuentan con un sistema anti-electrocución, si se produjera sería por un fallo en dicho sistema o por una imprudencia personal.

Los accidentes de electrocución se podrían dar en todas las zonas del aerogenerador donde exista tensión, generalmente de los transformadores o armarios eléctricos.

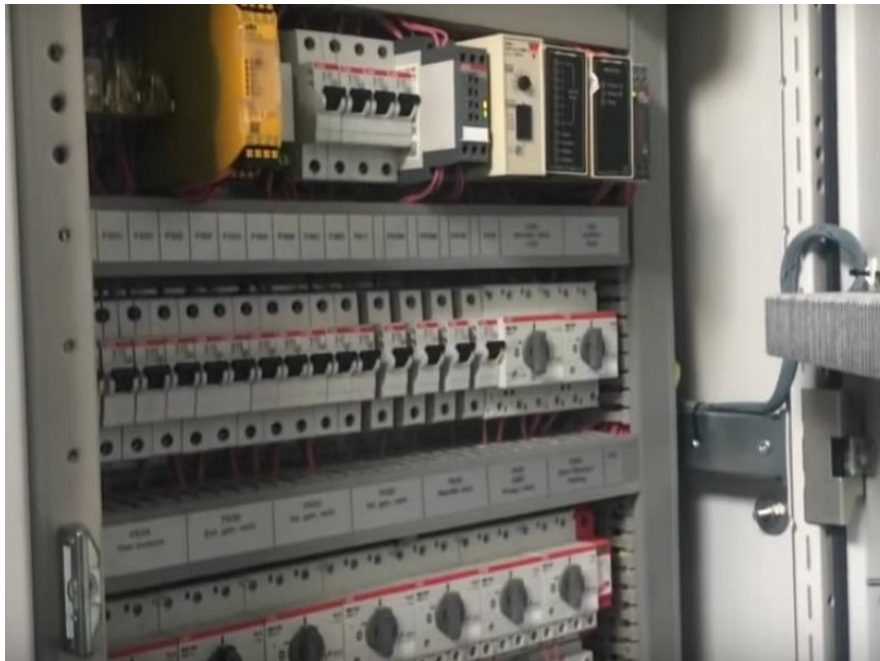


FOTO NÚM. 20: ARMARIO DE AUTÓMATAS, CON RELES Y PROTECCIONES

Fuente: Autoría propia.

### SECUENCIAS DE ACTUACIÓN

- 1 DESENERGIZAR EL AEROGENERADOR
- 2 DESCONECTAR EL AEROGENERADOR
- 3 LOCALIZAR LA VÍCTIMA
- 4 RESCATAR MEDIANTE PERTIGA AISLANTE
- 5 EVACUAR LA VÍCTIMA SEGÚN SU EMPLAZAMIENTO

SEGÚN PROTOCOLO:

- **B1 ATRAPAMIENTO EN EJE RAPIDO, EN BUJE O EN EL NACELLE**
- **B2 ATRAPAMIENTO EN TORRE**

- 6 TRANSFERIR VÍCTIMA A LOS SANITARIOS
- 7 INFORMAR Y TRANSFERIR EL INCIDENTE AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

#### **5.2.4. FORMACIÓN E INFORMACIÓN.**

##### FORMACIÓN.

Para estas tareas de mantenimiento de aerogeneradores, no existe la obligación de que los trabajadores tengan que disponer de ninguna formación específica, que no sea el curso de PRL básico y el curso de PRL de altura. Hasta el 2004 no se reguló la formación que debían tener los trabajadores en el RD 2177/2004, en su apartado 4.4.1 la formación que deben tener los técnicos de trabajos verticales con unos conocimientos mínimos acerca de las técnicas de progresión mediante las cuerdas, cursos que son a toda vista insuficientes para la realización de las tareas con tanto riesgo, como son los descuelgue del aerogenerador para limpieza, reparación o pintura de elementos externos, exponiéndose a situaciones de peligro de caída de 100 metros en los aerogeneradores pequeños a más de 220 metros en los aerogeneradores de última generación, siendo mortal en todos los casos.

Por ello, a falta de legislación específica las grandes empresas propietarias de la gestión de los aerogeneradores a nivel mundial, han formado una coalición llamada Global Wind Organization<sup>7</sup>, a partir de ahora GWO, para capacitar y cualificar de una forma estándar a los trabajadores mediante unos cursos teórico-practico que ellos propios imparten, para asegurarse de que los trabajadores tienen los conocimientos mínimos por si existiera alguna situación de riesgo o emergencia, con unas directrices comunes para la realización de las tareas en los parques eólicos, todos ellos con una caducidad de 2 años.

En la mayoría de los casos son de: descensos de emergencia y de evacuación y rescate. (Anexo 5)

Las empresas con estos cursos buscan:

- Mostrar a los trabajadores los riesgos y peligros asociados a los trabajos específicos en aerogeneradores.
- Enseñar de uso de los diferentes sistemas de evacuación y rescate, y los protocolos de actuación por si se diera una situación en la que existiera peligro.
- Los correctos puntos de anclaje que existen a lo largo del aerogenerador para las diferentes tareas.
- Las técnicas seguras para la manipulación de las cargas en altura y ergonomía en trabajos verticales.
- La correcta comprensión de la legislación vigente en materia de trabajos en altura.

- Las medidas de seguridad ante las diferentes condiciones climatológicas, como pueden ser lluvia, aire, tormentas, altas temperaturas, etc... que pueden afectar a la seguridad.

### INFORMACIÓN

La información, según el artículo 18 de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, los gestores del parque eólico a través del empresario, les comunican a los trabajadores las características concretas de cada uno de los emplazamientos donde ahí que realizar los trabajos, documento que debe firmar el trabajador como que ha recibido información suficiente y adecuada sobre los riesgos existente tanto en su empresa en general, como en su puesto de trabajo, así como las medidas preventivas a adoptar para evitar riesgos.

La información entregada al trabajador debe ser:

- La política de Prevención de Riesgos Laborales de la empresa.
- La Evaluación de Riesgos generales y medidas preventivas.
- La Evaluación de Riesgos específicos del puesto de trabajo y medidas preventivas.
- Derechos y obligaciones en Prevención de Riesgos Laborales.
- Planes de actuación en caso de emergencia.
- Riesgos específicos del centro de trabajo. (En este caso es del tipo concreto de aerogenerador con sus particularidades)
- Ubicación donde se va a llevar a cabo el trabajo

Tener unos trabajadores bien cualificados es muy importante frente a cualquier incidente, ya que ahí arriba los trabajadores se encuentran solos y sin la posibilidad de ayuda externa, por lo que ante cualquier problema tiene que ser el mismo trabajador o los compañeros los que tienen que solventar la situación, ya que el tiempo que transcurrirá desde el suceso hasta que pueda venir personal externo a veces no es compatible con la vida.

### **5.2.5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.**

Los equipos de protección personal dispondrán de la marca CE, y la utilización se hará siguiendo el contenido del Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo, el cual dicta como se debe emplear y usar los equipos que por otra parte son obligatorios dar por el empresario.

Para los trabajos verticales cuya única sujeción es mediante cuerdas, se utilizan aparte de los EPIS comunes como:

- Casco de seguridad con barbuquejo.
- Guantes de trabajo y guantes para trabajos con posible contacto eléctrico.
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante.
- Gafas de protección o pantalla protectora o ambas.
- Ropa de trabajo reflectante y de protección para la lluvia.
- Protección auditiva.

Se utiliza unos elementos más específicos para este tipo de trabajo como pueden ser:

- Arnesees o cinturones.
- Rodilleras.
- Silleta.
- Cuerdas.
- Cascos con emisora.



FOTO NÚM. 21: CASCOS CON EMISORA

Fuente: *Catalogo Prolians Equipos EPI*

<https://prolians.es/catalogos/catalogo-epi-2019/anticaidas/mobile/index.html>

### 5.2.6. ELEMENTOS AUXILIARES.

Dependiendo de la finalidad de la protección que necesita el operario, se utiliza un tipo de sistema de apoyo para que el trabajador se encuentre seguro en todo momento.

Pueden ser:

- Un sistema de retención. Destinado a evitar que el trabajador alcance zonas donde existe riesgo de caídas de altura.
- Un sistema de sujeción. El cual permite al operario trabajar en tensión o suspensión de forma que previene la caída libre.
- Un sistema de acceso. Que permite el movimiento estando asegurado mediante cuerda acceder o salir de algún lugar.

Independientemente del tipo de sistema de protección que haya que utilizar contra las caídas, todos utilizan 3 tipos fundamentales de componentes:

**1.- Un punto de anclaje seguro (EN 795:2012)** Se compone por los elementos que constituyen el anclaje donde se enganchara el resto de elementos del sistema.

Tipos de anclaje:

Anclajes Mecánicos.

Son anclajes que se ponen expresamente para la realización del trabajo y se suele hacer un taladro sobre hormigón y meterlo en un taco expansivo.



FOTO NÚM. 22: ANCLAJE MECÁNICO

Fuente: Catalogo Prolians Equipos EPI

<https://prolians.es/catalogos/catalogo-epi-2019/anticaidas/mobile/index.html>

### Anclajes Constructivos.

Son aquellos elementos estructurales que nos podemos encontrar en la zona de trabajo. Previamente ahí que comprobar su resistencia y que no se encuentre dañado.



FOTO NÚM. 23: ANCLAJE CONSTRUCTIVO

Fuente: Autoría propia.

### Anclajes Químicos.

Son los anclajes que se sujetan a una estructura por la expansión de una resina epoxi introducida en el taladro antes de introducir este.

### Anclajes Soldados.

Son aquellos que se encuentran soldados a una estructura metálica con la suficiente resistencia para aguantar todo el sistema, suele ser mediante una placa.

### Anclajes de Fortuna.

Estos anclajes son utilizados cuando no se pueden utilizar ningún otro, al no estar regulado, aunque siempre tiene que seguir la norma EN 795 de resistencia de los materiales.

### Anclajes de peso muerto.

Este tipo de anclaje se realiza en elementos que por su elevado peso no será posible desplazarlo.

### Anclajes Móviles.

En esta tipología estas incluidos todos los anclajes que pueden colocarse en el lugar donde se va a realizar la tarea. Debe soportar como mínimo 10 KN.



**2.- Un Sistema de conexión.** Es el conjunto que conecta el punto de anclaje por un extremo y al trabajador por el otro. Puede estar compuesto por uno o varios de los siguientes elementos.

Conectores. Comúnmente conocidos por mosquetones (EN 362:2004) Son anillas de metal con una apertura de cierre, siendo su resistencia mínima 18 KN. Existen diferentes tipos según su utilidad.

- Mosquetón sin seguro. Este tipo no se debe utilizar si la seguridad del trabajador depende de él.
- Mosquetones con seguro. Pueden ser de rosca, de cuarto de rosca o con seguro con seguro pulsado.





FOTO NÚM. 25: 3 TIPOS DE MOSQUETONES CON SEGURO.

Fuente: Catalogo Prolians Equipos EPI

<https://prolians.es/catalogos/catalogo-epi-2019/anticaidas/mobile/index.html>

- Mosquetones de gran apertura. Para cuando se necesita una apertura mayor.
- Maillones. Son anillos metálicos que al contrario que los mosquetones no necesitan de bisagra, sino que el cierre va enroscado y puede ser de diferentes formas.

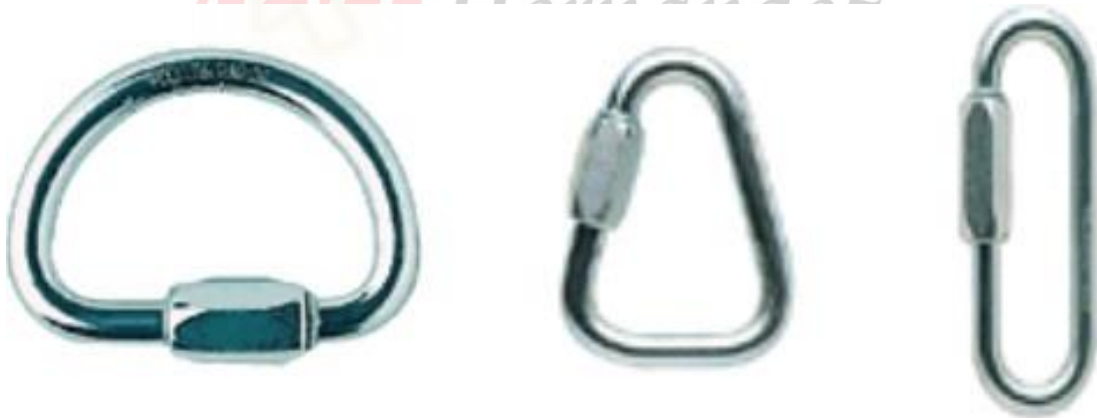


FOTO NÚM. 26: 3 TIPOS DE MAILLONES.

Fuente: Catalogo Prolians Equipos EPI

<https://prolians.es/catalogos/catalogo-epi-2019/anticaidas/mobile/index.html>

Elementos de amarre. (EN 354:2010) Pueden ser cuerdas, cables o bandas, usualmente enganchado con algún absorbedor de potencia, que evita que en una posible caída halla un tirón duro sobre el arnés.



FOTO NÚM. 27: AMARRE CON ABSORBEDOR Y 2 GANCHOS.

Fuente: Catalogo Prolians Equipos EPI

<https://prolians.es/catalogos/catalogo-epi-2019/anticaidas/mobile/index.html>

Dispositivos anticaídas. Son elementos que evitan que el trabajador sufra una caída inesperada previniendo un accidente. Dicho mecanismo actúa estrangulando la cuerda o el cable cuando existe un tirón en la vertical, lo que sucede cuando un cuerpo cae. También existen los sistemas anticaídas retractiles, los cuales llevan un cable enrollado en el interior de una carcasa que ante cualquier caída produce un izado de la víctima.



FOTO NÚM. 28: ANTICAIDAS PARA CUERDA Y ANTICAIDAS RETRÁCTIL

. Fuente: Catalogo Prolians Equipos EPI

<https://prolians.es/catalogos/catalogo-epi-2019/anticaidas/mobile/index.html>

Dispositivos de regulación de cuerda. (EN 12841:2006) Son los elementos que permiten a los trabajadores moverse a través de la cuerda tanto en la línea de seguridad, como para ascender o descender.



FOTO NÚM. 29: BLOQUEADOR, DESCENSOR Y DE ASCENSO

Fuente: Catalogo Prolians Equipos EPI

<https://prolians.es/catalogos/catalogo-epi-2019/anticaidas/mobile/index.html>

Cuerdas de fibras sintéticas. (EN 1891:1998) Las cuerdas son elementos textiles que soportan y sujetan a los trabajadores sirviéndoles de línea de vida.

Pueden ser de diferentes materiales como poliamida, poliéster aramida, polipropileno y kevlar, pero todas tienen que tener una resistencia mínima de 22 KN

Existen 2 tipos dinámicas y semiestáticas, siendo estas últimas las que se utilizan para los trabajos verticales, ya que son menos elásticas que las dinámicas.

Para trabajos continuos se tienen que utilizar 2 cuerdas para una mayor seguridad.

También hay 2 tipos de cuerdas según su composición, está la cuerda trenzada y la cuerda con funda, siendo esta más resistente al deterioro, ya que los hilos se encuentran encapsulados dentro de una camisa.



FOTO NÚM. 30: CUERDA CON FUNDA Y CUERDA TRENZADA

Fuente: Catalogo Prolians Equipos EPI

<https://prolians.es/catalogos/catalogo-epi-2019/anticaidas/mobile/index.html>

### 3.- Dispositivos de presión del cuerpo.

Existen 2 tipos:

El cinturón que es más básico y que solo se utiliza para sujetar al operario nunca para aguantar a este en suspensión.

El arnés anticaída, confeccionado para repartir las cargas en todo el cuerpo. Tiene que tener, tirantes, una banda de cintura, unas perneras, anillas para el material y como unión con el sistema de conexión se utiliza la anilla del pecho.



FOTO NÚM. 31: ESQUEMA ARNÉS ANTICAÍDAS.

Fuente: Catalogo Prolians Equipos EPI

<https://prolians.es/catalogos/catalogo-epi-2019/anticaidas/mobile/index.html>

### 5.3. PERSPECTIVAS DE FUTURO.

En la actualidad, que la pandemia ha dejado el tejido empresarial muy tocado, se está apostando en la energía renovable como sector industrial estratégico, que sirva como uno de los motores de la regeneración de la economía mundial.

El sector eólico no para de evolucionar, en pocos años los progresos están siendo asombrosos, más aún con la implantación de los aerogeneradores instalados mar a dentro (offshore), lo que permite aumentar el tamaño, y la potencia.



FOTO NÚM. 32: AEROGENERADORES OFFSHORE

FUENTE SIEMENS-GAMESA

<https://www.siemensgamesa.com/es-es/products-and-services/offshore>

#### 5.3.1. IMPORTANCIA SECTOR EÓLICO.

Según la Asociación Empresarial Eólica<sup>7</sup>, en el 2020 el sector eólico español, abasteció de electricidad al 21,9% de la población nacional equivalente a cerca de 16 millones de hogares, siendo la energía eólica clave para cumplir el objetivo europeo de un 32% del consumo de energía procedente de fuentes renovables en 2030.

Respecto al empleo la eólica crea cinco veces más empleo que las tecnologías convencionales, actualmente más de 30.000 personas trabajan en el sector, siendo más del 70 % empleo cualificado.

Económicamente, la eólica representa el 0,35% del PIB español, exportando tecnología por unos 2.062 millones de euros al año, siendo el tercer país a nivel mundial de exportación de aerogeneradores.

Según artículo del periódico digital el País, en su sección Economía, de Miguel Ángel Noceda del 27 abril 2021

"Reducir a cero las emisiones requiere invertir en el sistema eléctrico 68 billones de euros hasta 2050" <sup>9</sup> Muestra la dimensión real del capital invertido en la energía renovable en los próximos 30 años.

### **5.3.2. NOVEDADES TECNOLÓGICAS.**

Según datos de la AEE, en el su apartado "La eólica como apuesta estratégica para España" dice que es el sexto país del mundo y el tercero en Europa en patentes eólicas: el sector invierte alrededor de 108 millones de euros al año en I+D. <sup>10</sup>

El eólico es un sector que esta en auge y que con el objetivo de que en el 2050 el 100% de la energía utilizada en la unión europea sea de energía renovable, se esta invirtiendo en la fabricación de aerogeneradores cada vez más grandes y de más potencia.

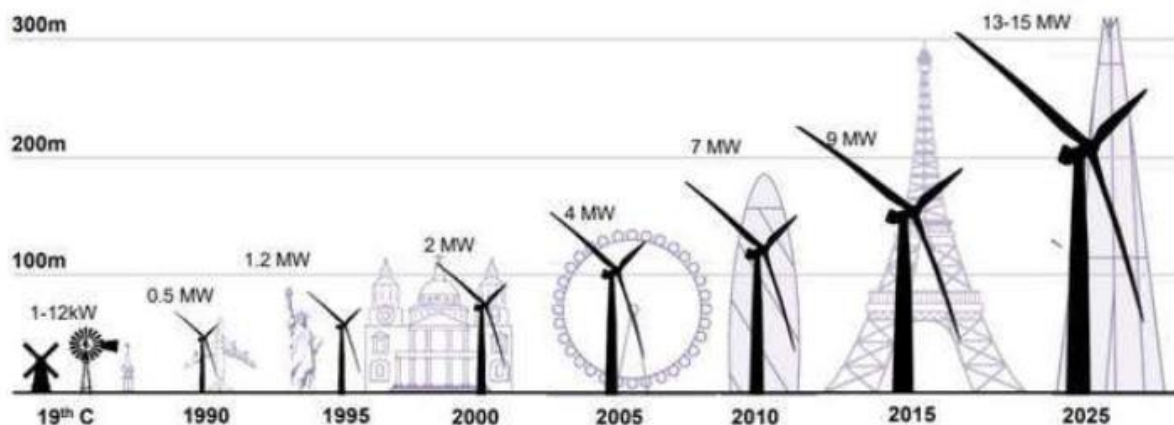


FOTO NÚM. 33: CRECIMIENTO AEROCENERADORES Y POTENCIA CON LOS AÑOS.

FUENTE: GUÍA ESPECÍFICA DE TRABAJO SOBRE "LA ENERGÍA EÓLICA MARINA" <sup>11</sup>

*“Actualmente se está en disposición de fabricar aerogeneradores de 15 Mw. capaces de abastecer de electricidad a 20.000 viviendas.”<sup>12</sup> Según la noticia del diario digital El Confidencial del 14 de febrero del 2021, el artículo La eólica parece no tener límites.*

Todos los caminos van hacia nuevas innovaciones que produzcan aumento de potencia de los aerogeneradores, para optimizar los recursos y así aprovechar la instalación dando la máxima productividad por el menor coste.

Pero en cambio, hay pocos inventos y pocas patentes nuevas para facilitar su mantenimiento, tema que antes o después puede llegar a ser un problema por el envejecimiento de las instalaciones.

Mi familia, junto a una ingeniería hemos estado muchos años pensando la forma de facilitar la tarea a los operarios, que realizan ese trabajo tan complicado, pero a la vez necesario del mantenimiento exterior de los aerogeneradores.

Para ello se ha desarrollado un robot con patente mundial, para diferentes tipos de tareas, desde la limpieza, pintura e inspección con termografía infrarroja y hasta soldadura de posibles fisuras.

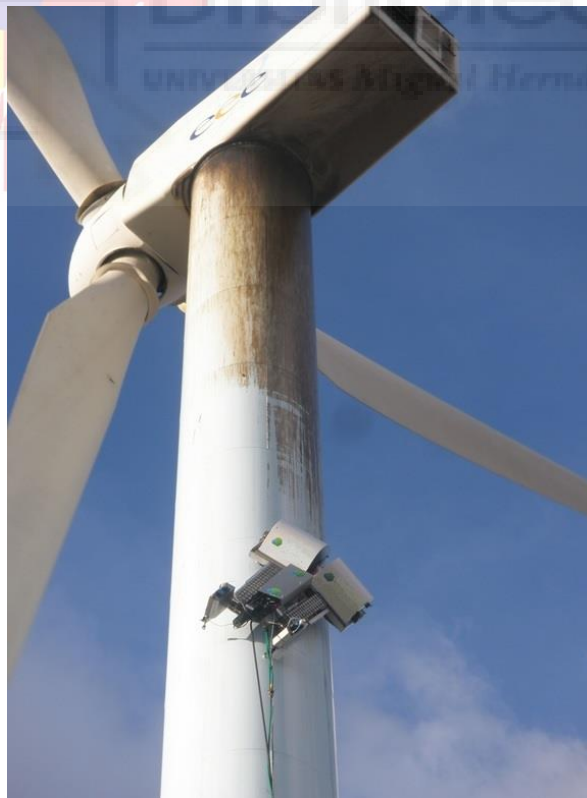


FOTO NÚM. 34: ROBOT LIMPIANDO FUSTE DEL AEROGENERADOR

Fuente: Autoría propia.



Gracias a nuevos mecanismos robotizados se tiende a 0 el riesgo de accidente mortal por caída desde altura, ya que cualquier caída que se produzca de este tipo sería mortal.

Por lo tanto, los avances tecnológicos, también se podrían considerar otra forma de prevención, ya que todo aquello que pueda evitar que ocurran accidentes ya sean, sistemas robotizados o nuevos elementos de seguridad, pueden servir para evitar nuevas muertes.

Aunque por ahora, el uso de operarios para la realización de los trabajos en altura, es necesario, ya que para la reparación de las aspas sigue siendo indispensable la mano de los técnicos, sobre todo para la adhesión de poliéster o fibra de carbono en las aspas, ya que el deterioro de los bordes de ataque puede suponer hasta un 50% del rendimiento de un generador.



FOTO NÚM. 35: SUCIEDAD (1) Y DESCONCHADO (2) DEL BORDE DE ATAQUE DE UNA ASPA

Fuente: Autoría propia.

Para el resto de operaciones como limpieza y pintura de las aspas se sigue en estudio de nuevas técnicas, pero la separación con el fuste, la forma desigual y las dimensiones de la misma dificultan la tarea, pero ya existen prototipos para evitar así posibles riesgos de accidentes de operarios al descolgarse por el aspa.

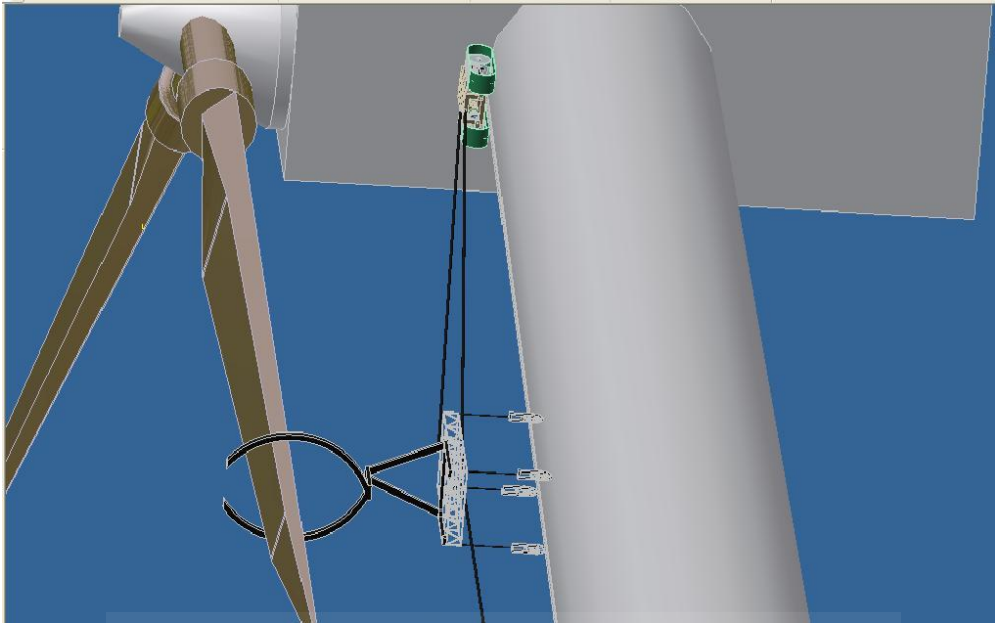


FOTO NÚM.36: RECREACIÓN PROTOTIPO TÚNEL DE LIMPIEZA Y PINTURA DE UNA ASPA.

Fuente: Autoría propia.

Los trabajos sobre el aspa son muy arriesgados porque, aunque haya una seta de parada del rotor y se le ponga un perno que bloquea el buje, los movimientos en la punta del aspa son inevitables, por el pandeo de la misma por la acción del aire al incidir sobre ella,

Por ello el estudio de nuevas soluciones se hace indispensable en estos casos, más aún con las nuevas aspas de más de 100 metros en los aerogeneradores offshore

## 6. CONCLUSIONES.

Queda demostrada la necesidad de esta modalidad de profesión llamada, trabajos verticales, además de porque económicamente es más rentables en ciertas ocasiones, es imprescindible para determinados trabajos, los cuales serían la única forma de realizarlos.

Dichos trabajos acarrearán una complejidad y un riesgo derivado de la altura a la que se realizan, por lo que hay que tener unos protocolos estrictos de actuación para la realización de las tareas en altura.

La conclusión, extraída del estudio de las condiciones relativas a los trabajos verticales, específicamente en labores de mantenimiento exterior en aerogeneradores, es la carencia de reglamentación concreta para esta forma de trabajo.

Este tipo de actividad cuenta con el RD 2177/04, de 12 de noviembre, *por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.*

Y las Normas Técnicas de Prevención NTP 1022: *Aerogeneradores (I): funcionamiento y marco normativo de prevención de riesgos laborales* y NTP 1023: *Aerogeneradores (II): Riesgos laborales en las operaciones de mantenimiento*

Pero ningún R.D. ni ninguna NTP es concreta para los trabajos de mantenimiento exterior de un aerogenerador, haciendo que desde el sector eólico la GWO intente estandarizar una serie de formaciones para complementar los requisitos mínimos exigidos, para los trabajos en los parques de su organización.

Pero esas disposiciones mínimas dejan sin respuesta una serie de cuestiones, a mi entender, importantes para la prevención de riesgos de los trabajadores.

Como pueden ser:

- La falta de exigencia de una formación teórico-práctica específica para aerogeneradores por parte del Ministerio de Sanidad que sea estándar para todas las empresas y fundamentada con la metodología de actuación y que aporte los conocimientos necesarios para que los trabajadores puedan solventar situaciones de emergencia, durante las tareas de mantenimiento.
- Regulación de tiempo máximo del trabajador en situación de suspensión. No se ha realizado ningún estudio acerca de los riesgos sobre el organismo y trastornos musculoesqueléticos que se pueden originar a causa de largas jornadas suspendido.

Por no mencionar el síndrome del arnés que produce molestias de adormecimiento de las extremidades, esto se debe a que el arnés está actuando como un torniquete y presiona fuertemente las extremidades evitando el flujo de sangre que estas necesitan pudiendo llegar a causar la muerte.

- Además, según el apartado 4.1.3 del anexo del RD 2177/04, “(...) *en función de la duración del trabajo y de las exigencias de carácter ergonómico, deberá felicitarse un asiento provisto de los accesorios apropiados*”.<sup>13</sup> Dicho asiento carece de regulación legal que debe cumplir, por lo que no existe ninguna norma de fabricación, lo que lleva a que cada empresa o incluso cada trabajador, se provea de un asiento que, la mayoría de casos no cumple los requisitos mínimos ergonómicos para poder permanecer largos periodos de tiempo desarrollando la tarea sin riesgo. Se debería dotar de las instrucciones necesarias a los fabricantes para que su diseño sea eficaz y que aporte seguridad y salud a los trabajadores.

Como reflexión final, decir que, se debería implantar una normativa específica para el mantenimiento exterior de los aerogeneradores en materia de prevención de riesgos laborales, ya que el sector va ser crucial como motor para la economía por el volumen de inversión, para materializarse el compromiso de que todo el sistema mundial de energía se base en fuentes renovables para 2050, y el potencial humano utilizado debe de tener todas las garantías de seguridad y bienestar a la hora de realizar su trabajo, teniendo en cuenta la peligrosidad de las tareas, ya que cualquier caída a esa altura es mortal.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1.- Datos de la página web AEE (Asociación Empresarial Eólica) 2020,31 diciembre, en la sección Sobre la eólica, encontramos la información aportada.

Disponible en: <https://www.aeeolica.org/sobre-la-eolica/>

2.- El Consejo de Ministros remitió a las Cortes, 2020, el 19 de mayo, el proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética.

Fuente: Ministerio Transición Ecológica.

Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/proyecto-de-ley-de-cambio-climatico-y-transicion-energetica.aspx>

3.- Dirección general de estadística y análisis sociolaboral (2020 Avance Enero - Diciembre)

Disponible en: <http://www.mitramiss.gob.es/estadisticas/eat/welcome.htm>

4.- Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA). International Renewable Energy Agency.

En la pestaña renovables, se encuentra la gráfica, Renewable Energy Employment by Country, actualizada hasta 2020

Disponible en: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Benefits/Renewable-Energy-Employment-by-Country>

5.- Ficha Protocolo Nº 3.3.1- Intervención en Aerogeneradores Gamesa G8X/G9X

Creado por: CEIS Guadalajara. (Consortio para el Servicio de Prevención, Extinción de Incendios, Protección Civil y Salvamento de la Provincia de Guadalajara) 2011, el 16 de noviembre.

Disponible en: <http://ceis.antiun.net/docus/pdfsonline/protocolos/p3-3-1-intervencion-en-aerogeneradores-gamesa-g8x-g9x-r1/mobile/index.html#p=1>

6.- Miguel Jorge, 2018, 27 de abril, Cómo se llegó a esta escalofriante instantánea: el abrazo final de dos ingenieros a decenas de metros del suelo.

Fuente: Noticia periódico digital Gizmodo

Disponible en: <https://es.gizmodo.com/como-se-llego-a-esta-escalofriante-instantanea-el-abra-1825592048>

Noticia aerogenerador ardiendo con víctimas el 29 octubre 2013, Ooltgensplaat, en Países Bajos.

7.- GWO (Global Wind Organization)

Organización de las empresas más importantes a nivel mundial del sector eólico, realizó su primer curso en 2012 (Entrenamiento básico de seguridad)

Disponible en: <https://www.globalwindsafety.org/>

8.- Datos de la página web AEE (Asociación Empresarial Eólica) 2020, 31 diciembre, en la sección “la eólica y sus ventajas” en el guion “La Eólica como apuesta estratégica para España”

Disponible en: <https://www.aeeolica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-y-sus-ventajas>

9.- Miguel Ángel Noceda, 2021, 27 abril, Instalaciones energéticas

Fuente: Periódico digital el País, en su sección Economía

Disponible en: <https://elpais.com/economia/2021-04-27/descarbonizar-la-economia-requerira-unas-inversiones-en-el-sistema-electrico-de-68-billones-de-euros-hasta-2050.html>

10.- Datos de la página web AEE (Asociación Empresarial Eólica) 2020, 31 diciembre, en la sección “la eólica y sus ventajas” en el guion “La Eólica como impulso económico para el país”

Disponible en: <https://www.aeeolica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-y-sus-ventajas>

11.- Ignacio Cruz, (2019, octubre), Investiga I+D+I 2019/2020, Guía específica de trabajo sobre la energía eólica marina.

Disponible en: <https://www.programainvestiga.org/pdf/guias201920/guiaenergiaeolicamarina.pdf>

12.- Planeta A. (2021, 14 de febrero), La eólica parece no tener límite. Según la noticia del diario digital El Confidencial.

Disponible en: [https://www.elconfidencial.com/medioambiente/energia/2021-02-14/aerogenerador-capaz-abastecer-electricidad\\_2948375/](https://www.elconfidencial.com/medioambiente/energia/2021-02-14/aerogenerador-capaz-abastecer-electricidad_2948375/)

13.- Buscador de la Agencia Estatal del Boletín Oficial del Estado

Según el apartado 4.1.3 del anexo del RD 2177/04

Disponible en: <https://boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2004-19311>

**Otras fuentes:**

Buscador del INSST, para la obtención de Normas Técnicas de Prevención (NTP)

<https://www.insst.es/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion>

Buscador del organismo de normalización español, para las Normas UNE

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma>

Catalogo Prolians Equipos EPI

<https://prolians.es/catalogos/catalogo-epi-2019/anticaidas/mobile/index.html>

## 8. ANEXOS.

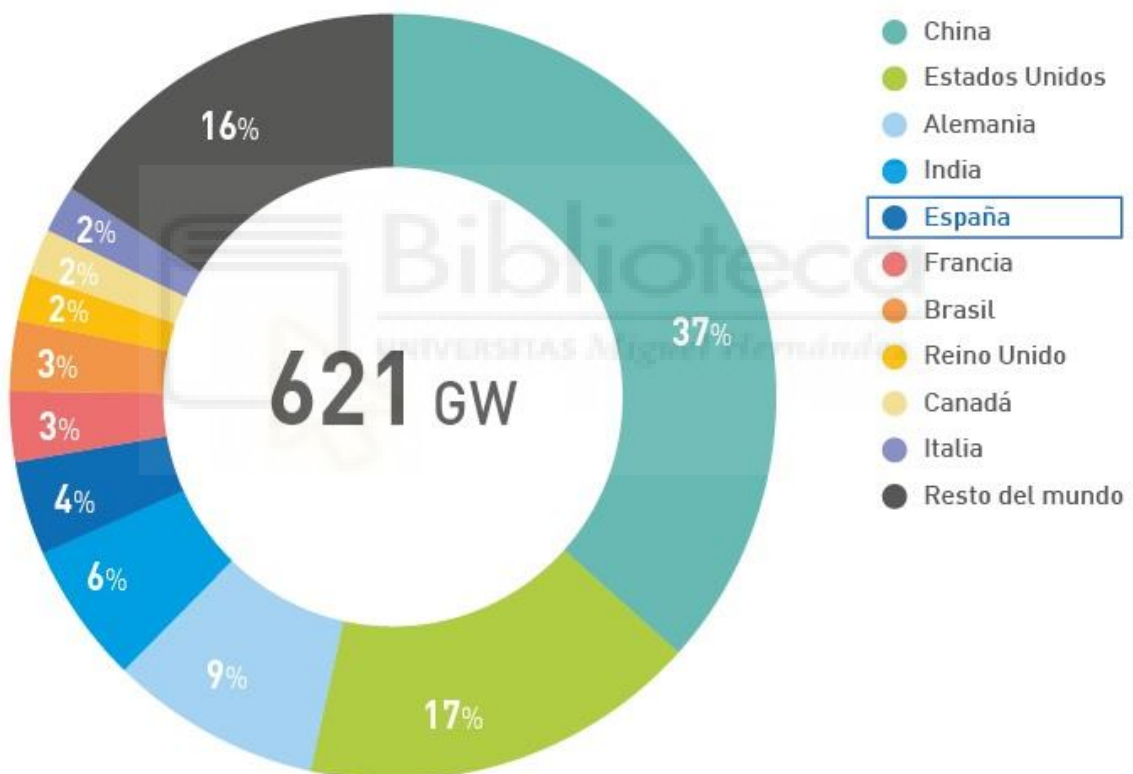
### ANEXO 1

Ranking de países por potencia terrestre instalada, según la AEE



#### RANKING DE PAÍSES POR POTENCIA TERRESTRE ACUMULADA

Fuente: GWEC





## ANEXO 2

Tabla de datos de accidentes de trabajo mortales.



# ESTADÍSTICA DE ACCIDENTES DE TRABAJO

Avance enero – diciembre 2020

NIPO: 117-20-037-0

**ESTADÍSTICAS**

**ACCIDENTES DE TRABAJO**
**ATR-R2. ACCIDENTES DE TRABAJO MORTALES**
**Avance enero - diciembre 2020**

	VALORES ABSOLUTOS		VARIACIONES SOBRE IGUAL PERIODO AÑO ANTERIOR (1)	
	Avance 2019	Avance 2020	Absolutas	Relativas en %
<b>ACCIDENTES MORTALES EN EL PERIODO DE REFERENCIA. TOTAL</b>	<b>695</b>	<b>708</b>	<b>13</b>	<b>1,9</b>
En jornada de trabajo	542	595	53	9,8
In itinere	153	113	-40	-26,1
Asalariados	621	633	12	1,9
Trabajadores por cuenta propia	74	75	1	1,4
<b>ACCIDENTES MORTALES EN JORNADA DE TRABAJO</b>	<b>542</b>	<b>595</b>	<b>53</b>	<b>9,8</b>
<b>Sexo</b>				
Varones	509	565	56	11,0
Mujeres	33	30	-3	-9,1
<b>Forma o contacto que produjo el fallecimiento</b>				
Infartos, derrames cerebrales y otras causas estrictamente naturales	205	228	23	11,2
Accidentes de tráfico	95	81	-14	-14,7
Quedar atrapado, ser aplastado, sufrir una amputación	82	95	13	15,9
Choque o golpe contra un objeto en movimiento, colisión con	25	43	18	72,0
<b>Golpe sobre o contra resultado de una caída del trabajador</b>	<b>85</b>	<b>82</b>	<b>-3</b>	<b>-3,5</b>
Ahogamiento en un líquido	6	9	3	50,0
Otras causas	44	57	13	29,5
<b>Sector de actividad económica</b>				
Agrario	57	90	33	57,9
Industria	114	137	23	20,2
Construcción	117	102	-15	-12,8
Servicios	254	266	12	4,7
<b>ÍNDICES INCIDENCIA DE ACCIDENTES MORTALES EN JORNADA DE TRABAJO (2)</b>				
<b>Sector de actividad económica</b>				
<b>Total</b>	<b>2,91</b>	<b>3,27</b>	<b>0,37</b>	<b>12,6</b>
Agrario	7,65	12,55	4,90	64,0
Industria	5,01	6,15	1,13	22,6
Construcción	9,38	8,34	-1,04	-11,1
Servicios	1,77	1,90	0,13	7,5
<b>ACCIDENTES MORTALES IN ITINERE</b>	<b>153</b>	<b>113</b>	<b>-40</b>	<b>-26,1</b>
<b>Sexo</b>				
Varones	134	91	-43	-32,1
Mujeres	19	22	3	15,8
<b>Forma o contacto que produjo el fallecimiento</b>				
Accidentes de tráfico	130	106	-24	-18,5
Infartos, derrames cerebrales y otras causas estrictamente naturales	18	6	-12	-66,7
Otras causas	5	1	-4	-80,0

<b>ACCIDENTES MORTALES EN EL PERIODO DE REFERENCIA. TRAB. CUENTA PROPIA</b>	<b>74</b>	<b>75</b>	<b>1</b>	<b>1,4</b>
En jornada de trabajo	67	67	0	0,0
In itinere	7	8	1	14,3
<b>ACCIDENTES MORTALES EN JORNADA DE TRABAJO. TRAB. CUENTA PROPIA</b>	<b>67</b>	<b>67</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>
<b>Sexo</b>				
Varones	66	65	-1	-1,5
Mujeres	1	2	1	100,0
<b>Sector de actividad económica</b>				
Agrario	12	16	4	33,3
Industria	11	10	-1	-9,1
Construcción	18	18	0	0,0
Servicios	26	23	-3	-11,5
<b>ÍNDICES INCIDENCIA ACC. MORTALES EN JORNADA DE TRABAJO. TRAB. CUENTA PROPIA (2)</b>				
<b>Sector de actividad económica</b>				
<b>Total</b>	<b>2,10</b>	<b>2,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,2</b>
Agrario	5,81	7,62	1,81	31,1
Industria	4,90	4,59	-0,30	-6,2
Construcción	4,72	4,66	-0,05	-1,1
Servicios	1,09	0,97	-0,12	-11,3
<b>ACCIDENTES MORTALES IN ITINERE. TRAB. CUENTA PROPIA</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>14,3</b>
<b>Sexo</b>				
Varones	6	6	0	0,0
Mujeres	1	2	1	100,0



### ANEXO 3

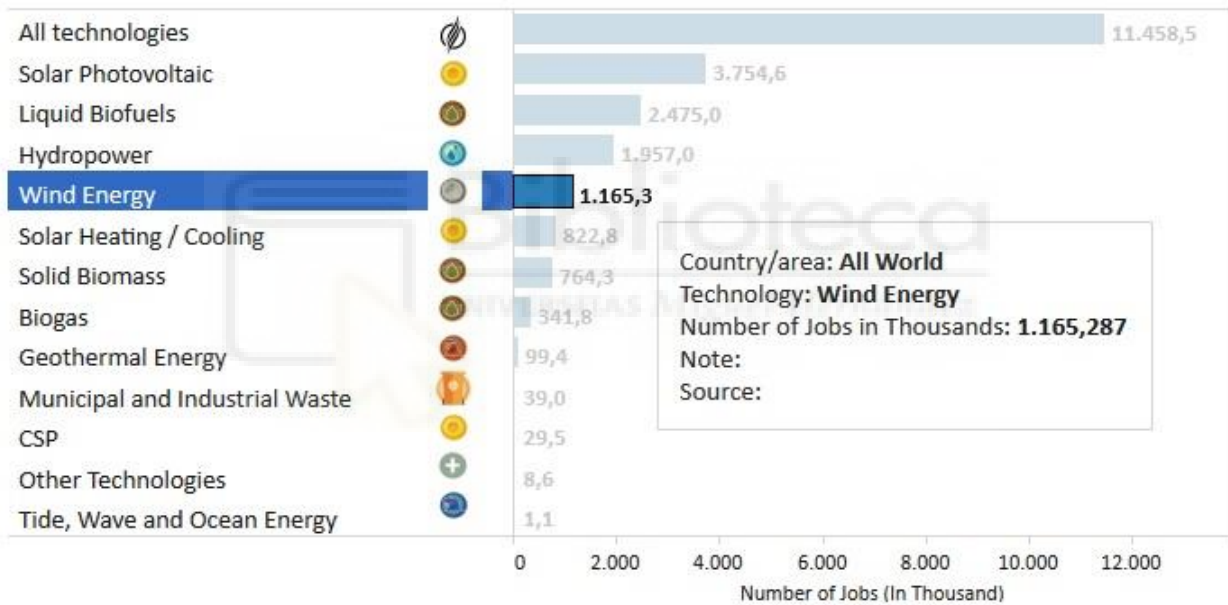
Gráfica: Trabajadores en la energía renovable en todo el mundo.

Específicamente en energía eólica.



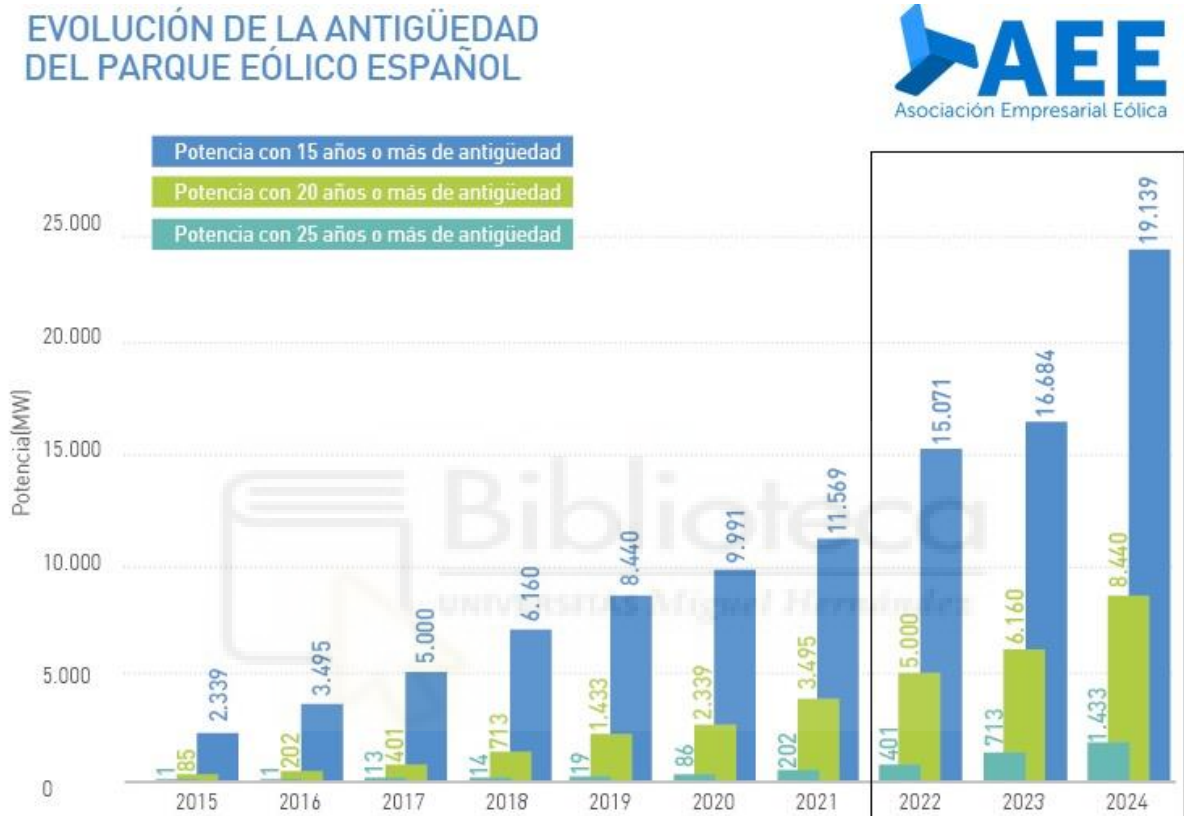
#### Renewable Energy Employment by Technology

Show for



## ANEXO 4

Evolución de la antigüedad del parque eólico español.



## ANEXO 5

Ejemplo de curso realizado por la propia empresa, a falta de una normativa estatal.



### PROGRAMA

#### Contenidos – Módulo de teoría:

- Técnicas para la progresión mediante cuerdas y sobre estructuras.
- Sistemas de progresión
- Sistemas anticaídas
- Equipos de protección individual contra caídas.
- Normas sobre el cuidado, mantenimiento y verificación del equipo de trabajo y de seguridad.
- Técnicas de salvamento de personas accidentadas en suspensión.
- Medidas de seguridad ante condiciones meteorológicas que puedan afectar a la seguridad.
- Técnicas seguras de manipulación de cargas en altura.
- Normativa nacional e internacional sobre equipos de protección
- Física de la caída: Fuerza de choque y factor de caída
- Aerogeneradores:
  - Tipos de aerogeneradores
  - Equipos de protección individual y técnicas de seguridad según máquina.
  - Descenso de emergencia según modelo de aerogenerador
  - Trabajos en alturas

#### Contenidos del curso - Módulo práctico:

- Descenso de emergencia desde el aerogenerador
- Instalación del descensor Mittelmann Secur-Quick MRG/9
- Instalación de cuerdas de seguridad para descensor Mittelmann Secur-Quick MRG/9

## FORMACIÓN DE EVACUACION Y RESCATE EN LA ESCALERA INTERIOR DEL AEROGENERADOR

INGETEAM POWER TECHNOLOGY, S.A. certifica / certifies:

Ha superado con aprovechamiento el curso de Formación de Evacuación y rescate en la escalera interior del aerogenerador, esta formación incluye entre otros los siguientes descensores: MITTELMANN, RESCUE, MILLER, RK SICHERHEITSTECHNIK, DBI SLA, celebrado en Albacete 15/11/2018 con una duración de 3h en la modalidad presencial, con los contenidos que se especifican al dorso:

Albacete a 15 de Noviembre de 2018

FIRMA Y SELLO DE LA EMPRESA /  
SIGNATURE AND STAMP



Ingeteam

### PROGRAMA / CONTENES

#### •Parte Presencial (3h)

##### A. Formación Teórica.

- Procedimiento de evacuación y rescate por la escalera interior de la torre del aerogenerador.
- Equipos de protección individual, instalaciones y dispositivos para trabajos en alturas.
- Técnica de salvamento de personas accidentadas en suspensión.
- El descensor de emergencia.

##### B. Formación Práctica.

- Evacuación y rescate en escalera.
- Instalación del descensor de emergencia.
- Instalación de cuerdas de seguridad para descensor de emergencias.
- Descenso de emergencia.

Esta formación autoriza entre otros el uso de los siguientes Descensores:

- MITTELMANN
- RESCUE
- MILLER
- RK SICHERHEITSTECHNIK
- DBI SALA

