



## **Advanced maintenance, lifetime extension and repowering of wind farms supported by advanced digital tools**

Newsletter 4<sup>a</sup> Edición, diciembre 2021

### Descripción general del proyecto

WindEXT es un proyecto ambicioso financiado por la Comisión Europea a través de la AECEA (Education, Audiovisual and Culture Executive Agency) que dió comienzo en enero de 2020 y que tiene una duración de tres años, finalizando en diciembre de 2022. Se basa en el desarrollo de una formación especializada que integre herramientas digitales como la Realidad Virtual o videos de recorrido del entorno del parque eólico en 360,<sup>o</sup> para completar los métodos teóricos clásicos actuales. El consorcio del proyecto está formado por socios de diferentes perfiles con el objetivo de facilitar el intercambio de conocimientos entre Universidades, centros de Formación Profesional y empresas privadas, en un modelo que ahora se sigue en diferentes países y que pretende ayudar a la empleabilidad de los estudiantes que salen de ambas modalidades de centros.

Con este enfoque se busca reducir el LCOE de los parques eólicos en operación, ya sean existentes o nuevos, aumentando la calidad de los servicios de O&M mientras se extiende la vida útil de los activos y se mejoran las condiciones de trabajo HSE del personal de mantenimiento.

Tras casi dos años desde la puesta en marcha en enero de 2020, el proyecto ha permitido el desarrollo de un curso de formación basado en una plataforma MOODLE donde se integran todos los contenidos así como las diferentes herramientas digitales que a continuación se presentan. La intención del consorcio es promover el uso del curso en su conjunto o de algunos módulos o herramientas independientes, sirviendo siempre como base práctica de la enseñanza teórica.

El proyecto **WindEXT** recibe financiación del programa ERASMUS + de la Unión Europea.

**WindEXT** está integrado por cuatro secciones y cada sección tiene diferentes módulos. Las secciones son:

1. Introducción a la tecnología de turbinas eólicas
2. Mantenimiento
3. Extensión de vida y repotenciación
4. Herramientas digitales

Dentro de las herramientas digitales, **WindEXT** contará con: **WExSiM**, **WExLaB**, **WExViR** y el software 'Failure Tree'.

A través de la herramienta **WExSiM**, se pueden reproducir varios escenarios en un software de simulación 3D. **WExLaB**, muestra a los estudiantes los conceptos básicos y el diseño de una turbina eólica. Especialmente el diseño de turbinas eólicas se explica con la ayuda de MATLAB Simulink®. **WExViR**, muestra las diversas áreas de mantenimiento (preventivo, correctivo y predictivo) de aerogeneradores a través de la herramienta H5P. Por último, el software 'Failure Tree' permite que, a través de una función matemática, se tomen un conjunto de datos como entrada y se obtiene la probabilidad de fallo de diferentes componentes como salida.

### Situación actual del proyecto

Después de 2 de 3 años de duración del proyecto, se han completado los primeros desarrollos y resultados, y se realizarán las pruebas piloto entre la primavera y el otoño de 2022. Estas pruebas evaluarán el contenido del proyecto y se utilizará el feedback proporcionado por los participantes para realizar los cambios apropiados en él. Al final de esta actividad, se lanzará el programa final de formación **WindEXT** y estará disponible para uso público. Hasta entonces, se presentará la estructura, avances y contenidos en nuestra página web.

Una de las partes que actualmente se ha desarrollado es el software “Failure Tree”. Actualmente se ha desarrollado para la multiplicadora, pero también se desarrollará para diferentes partes del aerogenerador.

Además, se está trabajando en la armonización entre Simulwind, el primer simulador desarrollado en otra convocatoria de Erasmus+, y WExSiM con el objetivo de que tanto el software y el hardware del primero sea compatible con el del segundo. A su vez, se está avanzando en el último procedimiento del simulador WExSiM.

Confiamos en el último año de nuestro proyecto WindEXT y somos optimistas con los resultados obtenidos tanto en el presente como los que se obtendrán en el futuro.

### Avance del proyecto

Todo el contenido del proyecto WindEXT se encontrará en la plataforma MOODLE, desde los contenidos teóricos hasta las herramientas digitales, a excepción de WExSiM, cuyo acceso se realizará de forma externa.



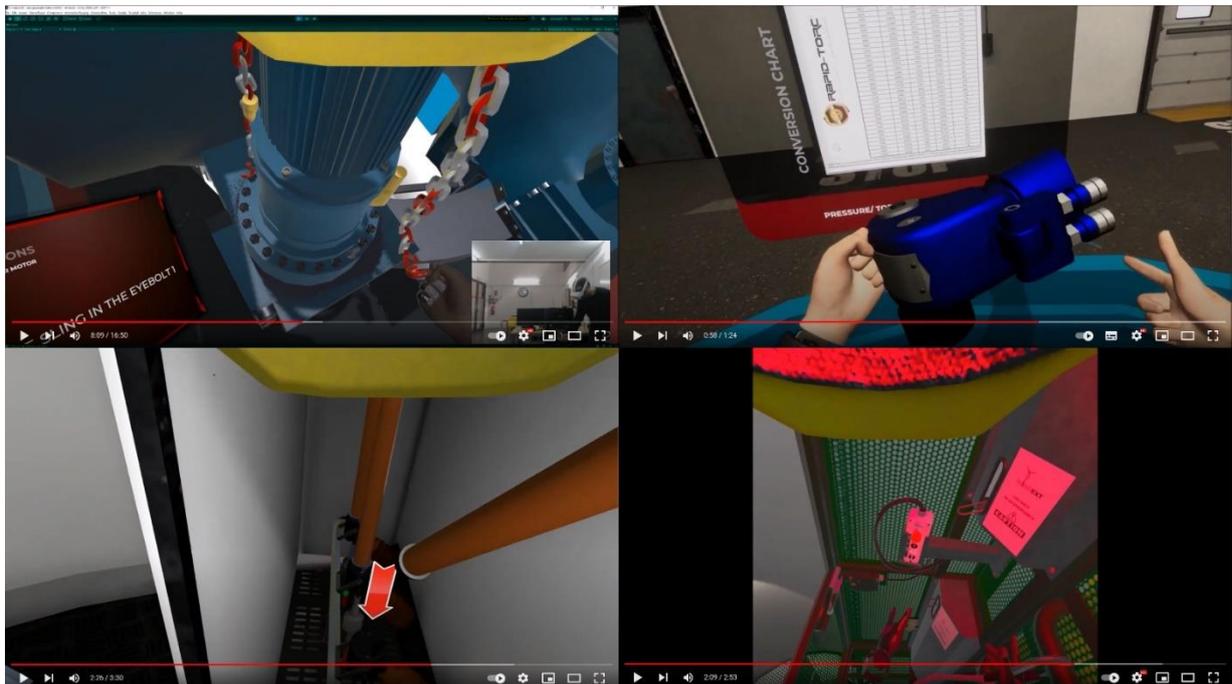
Imagen 1: estructura del curso. WindEXT

### WindEXT. Herramienta digital: WExSiM

El simulador utiliza la tecnología Oculus Quest 2. Actualmente se han completado 5 experiencias sobre el mantenimiento de aerogeneradores, que se pueden ver en la

web del proyecto [www.windext.com](http://www.windext.com) y en su canal de YouTube® WindEXT. Las experiencias realizadas son:

- Mantenimiento y sustitución de un motor de yaw (Imagen 2. Arriba a la izquierda)
- Uso del freno de retención hidráulico
- Evacuación del elevador de servicio (Imagen 2. Abajo a la derecha)
- Apriete hidráulico de uniones roscadas (Imagen 2. Arriba a la derecha)
- Reemplazamiento del fusible (Imagen 2. Abajo a la izquierda)



*Imagen 2: Simulación de diferentes escenarios de entrenamiento usando Oculus Quest*

El objetivo es que **WExSiM** esté disponible para descargarse desde Oculus Store al final del proyecto.

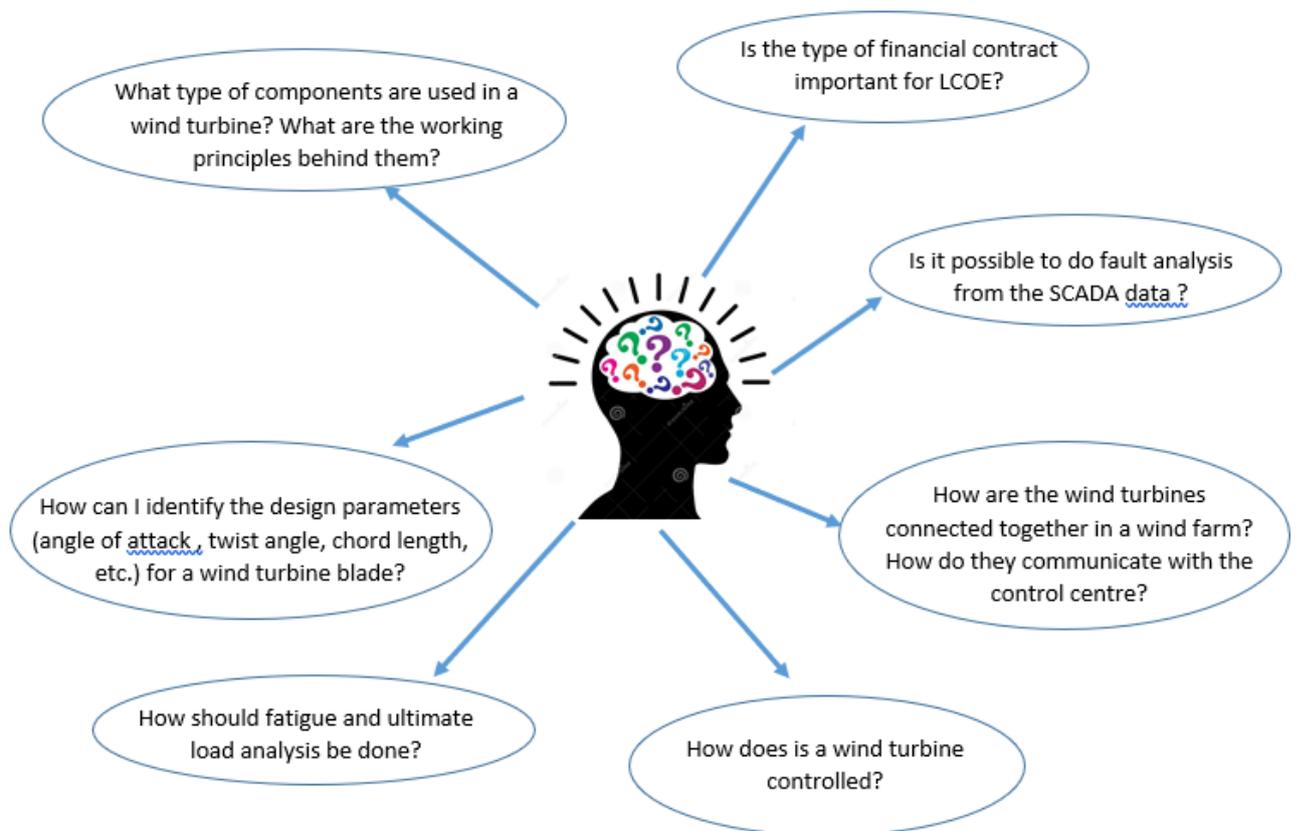
## **WindEXT. Sección 1: Introducción a la tecnología de turbinas eólicas. Herramienta Digital: WExLaB**

La sección uno del MOODLE, “Introducción a la tecnología de turbinas eólicas” se divide en siete módulos:

- Introduction to the Wind Turbine Components
- Design of a Wind Turbine Rotor
- Load Analysis of a Wind Turbine
- Operation and Control of a Wind Turbine
- Wind Farm Component Layout and Design Criteria

- Reliability, Failures, Faults and Fault Tree Analysis
- Contractual Models

El propósito de estas secciones es familiarizar a los participantes del curso con diferentes aspectos tecnológicos y desafíos relacionados con el aerogenerador. El curso tiene como objetivo dar respuesta a las principales cuestiones a las que se van a enfrentar las personas al iniciarse en el campo de la operación y mantenimiento de aerogeneradores.



*Imagen 3: Pensamientos básicos de WExLaB*

La herramienta digital asociada a esta sección es **WExLaB**. Este software integra el código fuente de OpenFAST con una aplicación MATLAB independiente como interfaz gráfica de usuario. El software consta de cuatro partes:

- Análisis al nivel del sistema
- Análisis modal
- Análisis de carga
- Operación y control del aerogenerador

### Análisis al nivel del Sistema

En el análisis de nivel del sistema, basado en la potencia nominal de la turbina eólica, el software calcula la curva de potencia, CAPEX, costo OPEX y LCOE para

una turbina eólica. Además, también se calcula la longitud óptima de la pala para el LCOE más bajo. La interfaz gráfica de usuario del software de análisis de nivel del sistema se muestra en la siguiente figura.

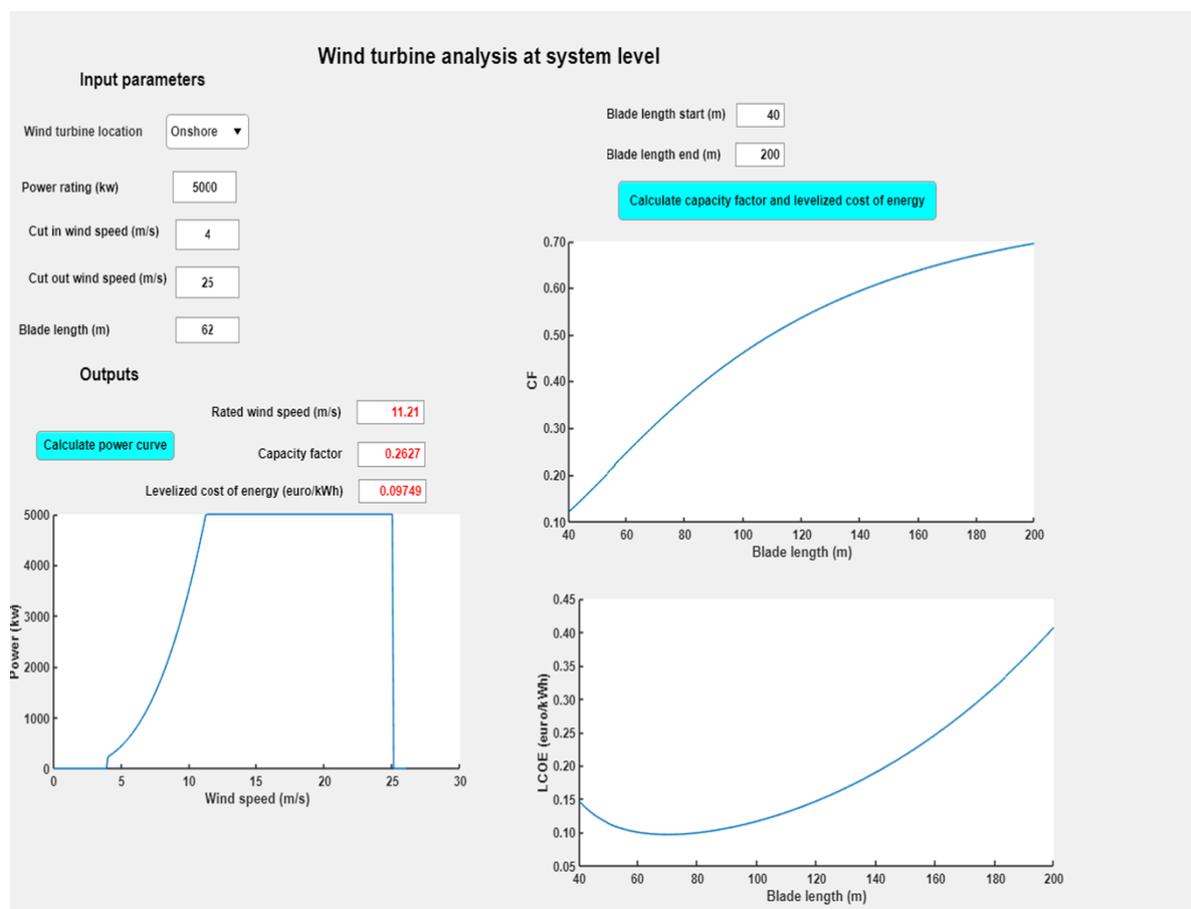


Imagen 4: software de análisis de nivel de sistema

## Análisis Modal

Uno de los aspectos desafiantes de una turbina eólica en comparación con muchas otras estructuras es que, debido a la rotación de la pala, la turbina eólica experimenta cargas cíclicas además de las cargas estáticas y estocásticas impuestas por el viento turbulento. Si estas cargas cíclicas tienen la misma frecuencia que las frecuencias naturales de la pala o torre, puede provocar fallos en la estructura del aerogenerador. Por ello, el análisis modal como herramienta para investigar este tema es una parte importante del diseño de la turbina eólica. Esto es crítico en las cargas de fatiga de la turbina que se utilizarán para determinar la DEL (Damage Equivalent Load) de los diferentes componentes / materiales y afectará al árbol de fallas evaluado en otras secciones del curso.

El software de análisis modal calcula primero las frecuencias naturales de la pala y la torre y luego se traza un diagrama de Campbell para evaluar si las frecuencias de carga cíclicas coinciden con las frecuencias naturales de la pala o torre dentro

del rango operativo de la turbina eólica. La interfaz gráfica de usuario del software de análisis modal se muestra en la siguiente figura.

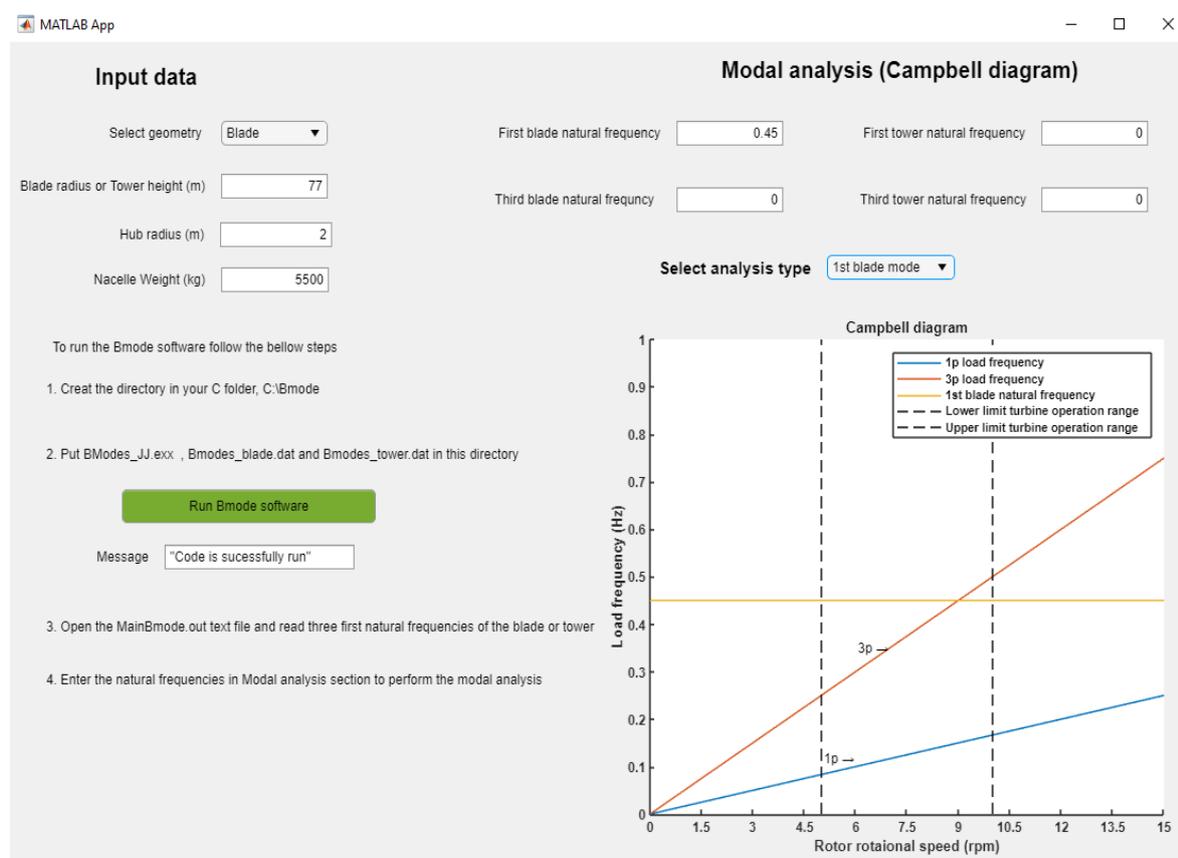


Imagen 5: software de análisis modal

### Análisis de carga

Calcular la carga en cada pala y comprender los diferentes parámetros del aerogenerador que pueden alterar la carga en la pala o torre es el objetivo principal de esta parte de simulación del software. En esta parte del software, además de la carga en cada pala, se puede calcular su rendimiento o  $C_p-\lambda$ . Esta parte del software todavía se está desarrollando.

### Operación y control del aerogenerador

Esta parte del software muestra cómo se controla la turbina eólica en todo su rango operativo de velocidad del viento. El par de la pala y el ángulo de paso de la pala se pueden calcular durante el funcionamiento de la turbina eólica. Esta parte, al igual que la parte anterior, todavía está en fase de desarrollo.

## WindEXT. Sección 2. Mantenimiento. Herramienta digital: Virtual Reality

### WExViR

En la segunda sección del curso, se enseña a los alumnos los distintos enfoques de las estrategias de mantenimiento. Esto incluye el mantenimiento preventivo,

correctivo y predictivo. El material didáctico teórico de cada sección estará disponible en la plataforma Moodle.

A través de la herramienta digital WExViR, se podrán asimilar mejor los conceptos teóricos de esta sección con recorridos virtuales a través de un aerogenerador con imágenes 360 ° utilizando la herramienta H5P.

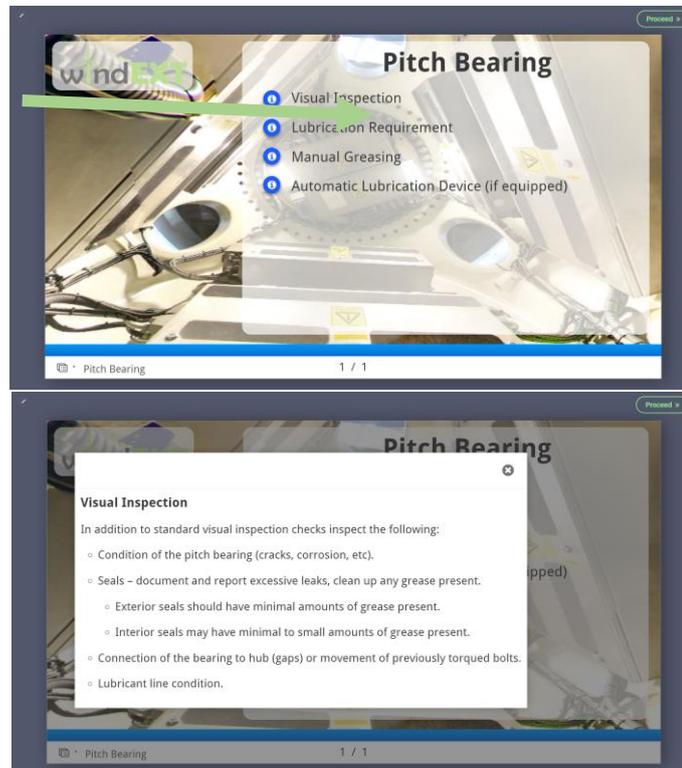


Imagen 6: ejemplo de tarea de mantenimiento preventivo en el Pitch Bearing.

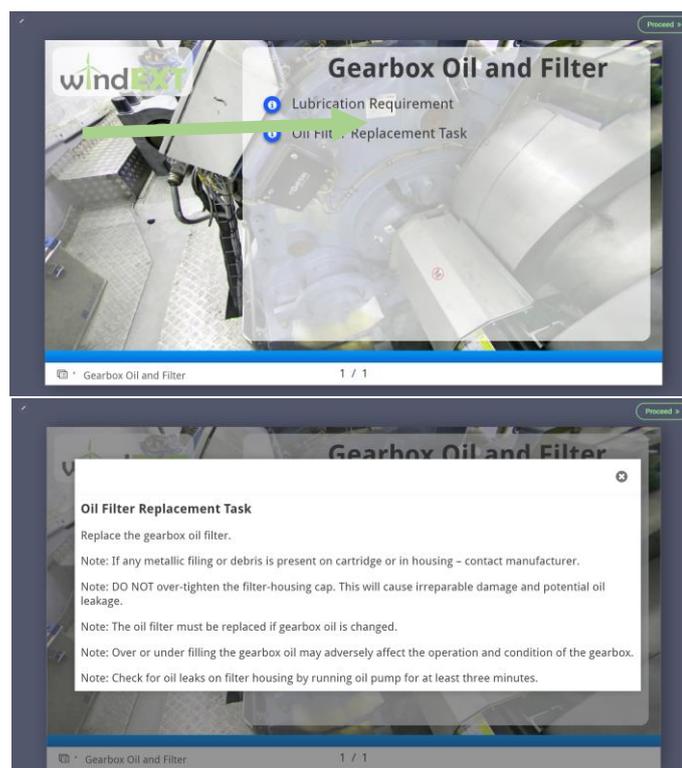


Imagen 7: ejemplo de tarea de mantenimiento preventivo en la multiplicadora.

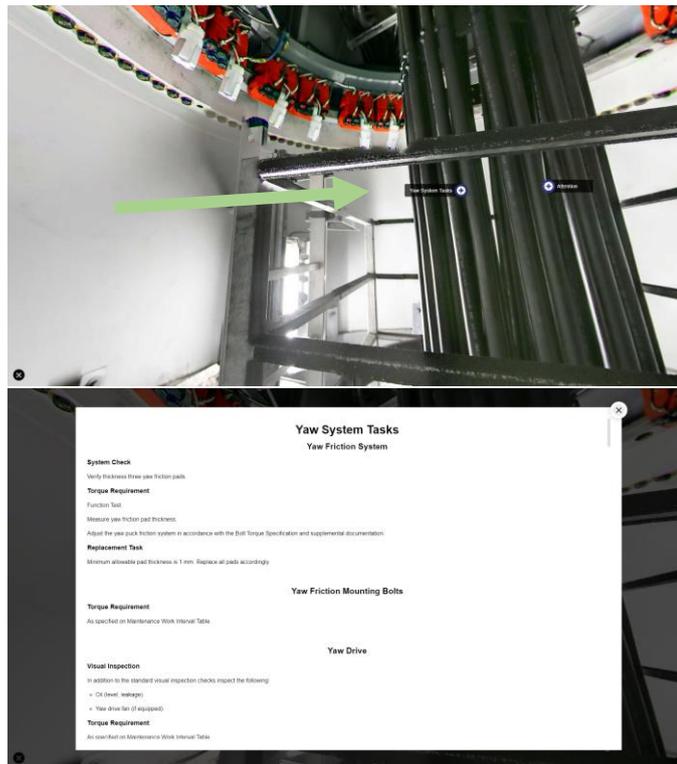
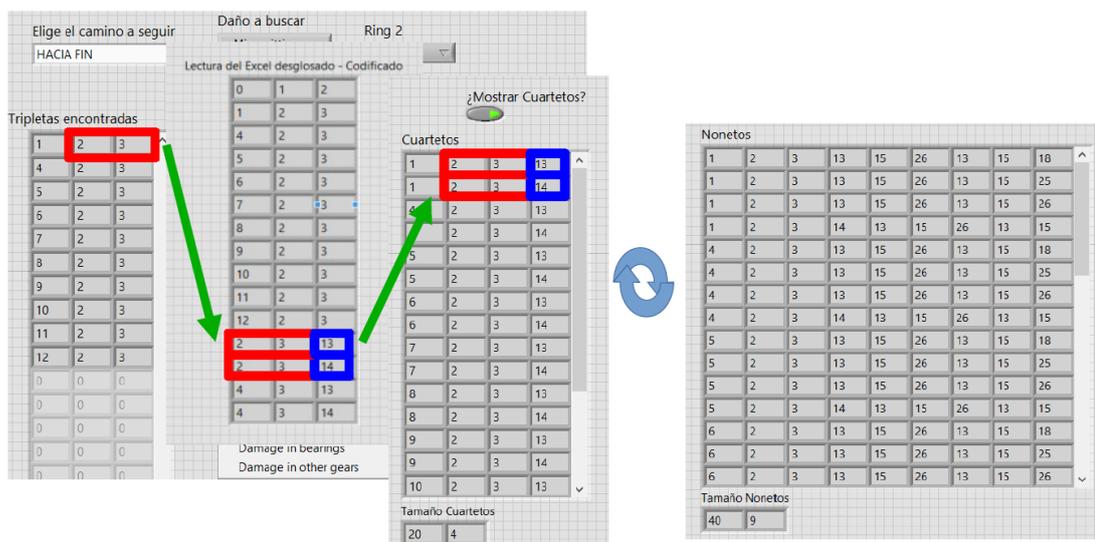


Imagen 8: ejemplo de tarea de mantenimiento preventivo a través de la herramienta de desplazamiento.

## WindEXT. Herramienta digital: Failure Tree

En el área del análisis del árbol de fallas, el foco principal está en la multiplicadora. Se analizaron y enumeraron todas las posibles fallas. Las fallas posteriores se definieron para cada falla individual con los números posteriores, como se puede observar en las tablas a continuación, de modo que se creó un árbol de fallas completo. Con este árbol de fallas, los estudiantes pueden aprender cómo se desarrollan los fallos individuales en la multiplicadora de una turbina eólica. El material de aprendizaje también muestra cuándo y cómo reaccionar correctamente a las fallas respectivas.



*Imagen 9: Análisis del árbol de fallas*

## Pruebas piloto

Antes del lanzamiento del quinto boletín, se organizarán algunas pruebas piloto para presentar los principales logros del proyecto y obtener comentarios de los participantes sobre la utilidad y las posibles mejoras de los diferentes resultados.

La primera Prueba Piloto será organizada por TESICNOR en Pamplona y además de la presentación de los diferentes contenidos del proyecto, especialmente los relacionados con el mantenimiento preventivo y correctivo, se comprobarán las diferentes herramientas con el uso de hardware específico. Este primer piloto servirá de referencia para los otros tres que se organizarán antes de que finalice el proyecto.

## Reuniones del proyecto

### Tercer meeting, 7 y 8 de octubre de 2021, Chipre

Después de revocar las restricciones de viaje debido a la pandemia, finalmente pudimos llevar a cabo nuestra segunda reunion presencial. Los días 7 y 8 de octubre el consorcio de **WindEXT** se reunió en Nicosia, en la Universidad de Chipre.

En esta reunión cada socio presentó los avances del proyecto desde su paquete de trabajo. Para el análisis y gestión de la plataforma Moodle, que alberga todo el contenido desarrollado, se dedicaron varias sesiones debido a su importancia.

Las primeras experiencias desarrolladas para el simulador **WExSiM**, del grupo de trabajo 3, se han completado y todos los socios pudieron probar el simulador con las gafas Oculus quest 2.

Desde el grupo de trabajo 5 se presentaron los documentos desarrollados sobre mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, así como las actividades desarrolladas con la herramienta H5P.

Desde el grupo de trabajo 6, se ha presentado el desarrollo del árbol de fallas 'Failure Tree'.

### Dissimination and Exploitation of project results

En la web del proyecto [www.windext.com](http://www.windext.com), se publicarán todos los resultados. También se publicarán 6 boletines durante el proyecto. Si está interesado en estos boletines, puede registrarse en nuestra base de datos en [info@windext.com](mailto:info@windext.com) para recibir boletines automáticamente.

Finalmente el proyecto tiene su propio canal de Twitter. Sigue a [@Wind\\_EXT](https://twitter.com/Wind_EXT) y se le informará sobre el estado actual del proyecto.

### Project Consortium

Un consorcio de actores clave europeos en la Industria Eólica (asociaciones empresariales y empresas de mantenimiento), Universidades y centros de formación profesional se unen para crear el curso de formación de referencia **WindEXT**.

La presencia de UTEC/CEFOMER de Uruguay se considera fundamental para adaptar los contenidos a otro escenario sociológico/jurídico como el de los países de LATAM.



**Project Leader:**  
Asociación Empresarial Eólica (AEE)



## Projectpartner



8.2 | The Experts in  
Renewable Energy



Web: [www.windext.com](http://www.windext.com) | E-Mail: [info@windext.com](mailto:info@windext.com) | Twitter: [@Wind\\_EXT](https://twitter.com/Wind_EXT)