



ANÁLISIS OPERATIVO DE PARQUES EÓLICOS

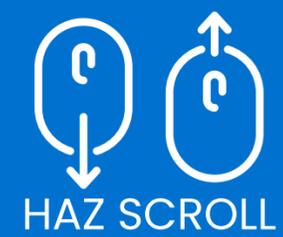
LIBRO RECOPIULATORIO

RECOPIACIÓN DE PAPERS PRESENTADOS PARA LA JORNADA
ANÁLISIS OPERATIVO DE PARQUES EÓLICOS DE AEE 2022



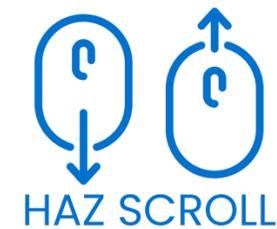
HOTEL MELIÁ AVENIDA AMÉRICA
4 OCTUBRE 2022
EVENTO PRESENCIAL

Publicación de la Edición 2022
Análisis Operativo de Parques eólicos AEE: Abstracts



LIBRO RECOPILATORIO

Publicación de la Edición 2022
Análisis Operativo de Parques eólicos AEE: Abstracts



Índice:

TEMÁTICA 1:

[Medición del viento: Reducción de las incertidumbres, correlación de datos históricos, efectos del cambio climático](#)

- *¿Afecta el cambio climático al recurso? ¿Es posible predecir cambios del viento que nos ayuden a maximizar la producción eólica?* **UCM**
- *Turbulence Intensity detection based on accelerometers.* **Ventus Engineering GmbH**

PAG 06

PAG 07

TEMÁTICA 2:

[Modelización del recurso, evaluación de estelas, incidencia en la pérdida de producción](#)

- *Calibración de emplazamiento para el estudio de la producción óptima mediante dos sensores Lidar.* **CEDER-CIEMAT**
- *Los patrones de correlación espacial de la energía eólica en la península ibérica y sus implicaciones en planificación, optimización de portfolios y precios.* **DNV**
- *Lost Energy Analytics - Lessons learned from 5.4 GW.* **Onyx Insight**

PAG 09

PAG 10

PAG 11

TEMÁTICA 3:

[Integración en la Red y operación técnica del sistema: Códigos de Red, procedimientos de certificación, hibridación, garantía de capacidad, convertidores "grid forming" y convertidores síncronos](#)

- *Beneficios de la Hibridación de parques eólicos con sistemas de almacenamiento de energía, BESS.* **Hitachi Energy**
- *Hibridación de los parques eólicos con energía solar.* **G-Advisory**
- *Participación de los parques eólicos en el Sistema de Reducción Automática de Potencia (SRAP).* **Green Eagle Solutions**

PAG 13

PAG 14

PAG 15

TEMÁTICA 4:

[Soluciones para el incremento de producción de los parques existentes: Nuevas componentes, mejora del control..](#)

- *AEPlus Boosting the energy production for G5X.* **Siemens Gamesa**
- *Herramientas de optimización del control de dispositivos de plantas de energía eólica.* **Isotrol**
- *Soluciones para el incremento de producción de los parques existentes.* **Wwave**
- *Wake Detection.* **Ventus Engineering GmbH**
- *Wind Speed Detection.* **Ventus Engineering GmbH**
- *Sistema de balizas nocturnas según demanda.* **Dark Sky GmbH**

PAG 17

PAG 18

PAG 19

PAG 20

PAG 21

PAG 22

Índice:

TEMÁTICA 5:

[Extensión de vida: procedimientos de diagnóstico, certificados/modelización de la vida remanente, etc.](#)
[Determinación de la vida remanente a través de modelos aerolásticos](#)

- *10 años de extensión de vida en España, evolución, aprendizajes y perspectivas a futuro.* **UL Solutions** PAG 24
- *Análisis de evaluación del comportamiento de los sistemas de Yaw y de Pitch en parque eólico a partir de datos de SCADA orientados al mantenimiento.* **Isotrol** PAG 25
- *Development of a new degradation oil test method for gearbox oils using the color measurement.* **Bureau Veritas** PAG 26
- *La importancia de un buen procedimiento de cambio de aceite para asegurar una larga vida de los equipos.* **LUBRICANTES Mobil SHC** PAG 27
- *Protección corrosiva y alta durabilidad de las estructuras.* **Efectos Navales Bordaberrí** PAG 28
- *Relative Blade Pitch Misalignment.* **Ventus Engineering GmbH** PAG 29
- *Replanteamiento de las inspecciones de palas: internalización y subcontratación, una sinergia más que una dicotomía.* **Skyvisor** PAG 30
- *Resultados de validación del sistema de monitorización de corrosión basado en ultrasonidos.* **CEIT** PAG 31
- *Rotor imbalance.* **Ventus Engineering GmbH** PAG 32
- *Rotor RPM and overspeed detection.* **Ventus Engineering GmbH** PAG 33
- *Shock detection trend analysis tool.* **Ventus Engineering GmbH** PAG 34
- *Shock detection trend analysis tool.* **Ventus Engineering GmbH** PAG 35

TEMÁTICA 6:

[Digitalización, data analytics, machine learning aplicado a la mejora operativa de los parques](#)

- *Anticiparse a una repotenciación masiva desde el punto de vista del desmontaje y la demolición.* **AEDED** PAG 37
- *Del SCADA a la eficiencia operativa a través de técnicas avanzadas de machine learning.* **Isotrol** PAG 38
- *InSite, la evolución de una herramienta interna.* **Baywa r.e.** PAG 39
- *La información digital de los parques eólicos como base para el Mantenimiento Predictivo inteligente.* **Sia Aerones Engineering** PAG 40
- *Machine learning aplicado al filtrado y regeneración de datos de velocidad y dirección del viento.* **FCirce** PAG 41
- *Reducción de indisponibilidades con herramientas de ciberseguridad.* **Fortinet** PAG 42

TEMÁTICA 7:

[Repotenciación, mejora de componentes, reciclaje, nuevos materiales, uso de infraestructuras existentes, visión global del sector y economía circular](#)

- *Desmantelamiento de Parques Eólicos. Gestión Integral.* **GIRA WIND** PAG 44
- *Fabricación, ensayo y reciclado de una pequeña pala de aerogenerador.* **CIEMAT** PAG 45
- *Partial Repowering solutions.* **Siemens Gamesa** PAG 46
- *La eólica más imparabable que nunca, es la hora del Repowering Circular.* **ENEL GREEN POWER ESPAÑA** PAG 47
- *Repotenciación Circular. La segunda vida de los parques eólicos.* **Surus** PAG 48

Índice:

TEMÁTICA 8:

[Impacto medioambiental:](#)

[Efectos y soluciones](#)

- *Aerogeneradores marinos: Estructuras con potencial impacto ambiental positivo. **Aracnocóptero***
- *Caracterización de la erosión de borde de pala mediante machine learning. **Alerion***
- *Problemas con murciélagos en parques eólicos y cómo evitarlos. **NRG Systems EMEA***
- *Renovables y biodiversidad: el plan Convive de Iberdrola. **Iberdrola***
- *Sistemas automáticos de detección de aves y parada de aerogeneradores. **Zefiro Partners***

PAG 50

PAG 51

PAG 52

PAG 53

PAG 54



1 Medición del viento: Reducción de las incertidumbres, correlación de datos históricos, efectos del cambio climático

- *¿Afecta el cambio climático al recurso? ¿Es posible predecir cambios del viento que nos ayuden a maximizar la producción eólica? UCM*
- *Turbulence Intensity detection based on accelerometers. Ventus Engineering GmbH*



¿Afecta el cambio climático al recurso? ¿Es posible predecir cambios del viento que nos ayuden a maximizar la producción eólica?



luduran@ucm.es



<https://www.ucm.es/>

PUNTO DE PARTIDA:

- El rápido aumento de los gases de tipo invernadero es de origen antrópico (CO₂, CH₄)
- Emisiones de CO₂: Quema de combustibles fósiles y uso de la tierra
- Emisiones del CH₄: agricultura y la gestión de residuos
- El aumento de gases invernadero hace que la superficie del planeta haya recibido y siga incorporando un exceso de calor
- El incremento medio de temperatura del aire en la superficie de la Tierra ha sido de 1,29 °C entre 1750 y 2019.

¿LAS ENERGÍAS RENOVABLES SON LA SOLUCIÓN?

Incluso dejando de emitir gases invernadero, la temperatura del planeta continuaría aumentando, pero la única solución es reducir drásticamente la emisión de gases invernadero. Las energías eólica y solar se presentan como las opciones con mayor potencial de reducción.

DAÑOS COLATERALES:

Aumento del nivel del mar causado tanto por la expansión del agua y pérdida de glaciares y hielo continental.

- Incremento en la frecuencia de eventos extremos, tanto las tormentas con fuertes vientos y lluvias extremas como las sequías prolongadas.
- Mayor cantidad de agua en la atmósfera. En particular, se prevé un incremento en precipitación de entre un 2 y un 8 % para finales de siglo.
- Acidificación y desoxigenación de grandes regiones oceánicas, un considerable aumento en la estratificación de las aguas superficiales y las oleadas de calor marino en regiones costeras. Impacto sobre la biodiversidad y salud de los ecosistemas marinos. Falta de hielo ártico.

¿CÓMO PUEDE AFECTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO AL VIENTO EN SUPERFICIE?

La mayoría de los estudios aplican directamente a las salidas de modelos de circulación general (GCM) o regionales (RCM).

- Se encuentran cambios en los patrones espacio-temporales y en la velocidad
- Más eventos extremos y aumento de la variabilidad temporal
- Existe aún mucha incertidumbre, especialmente a nivel regional
- Dispersión entre modelos y metodologías, aunque todas apuntan a variaciones menores a la propia variabilidad interanual que está en torno a un 15% en Europa y Norteamérica durante este siglo
- Parece claro que habrá "ganadores" y "perdedores"
- Se prevén cambios mayores en Sudamérica, aunque con gran incertidumbre
- Hay aspectos relacionados como el riesgo de hielo en turbinas y otros aspectos que afectan en la operación, que apenas se han estudiado
- El aumento de extremos y otros factores pueden afectar al diseño de las turbinas.

Es necesario estudiar todos estos factores con mayor detalle.

Dr. Luis Durán Montejano, Dpt. Física de la Tierra y Astrofísica. F. Física



Turbulence Intensity Detection based on accelerometers



jfernandez@ventus.group



<https://ventus.group/>

Turbulence is unsteady fluid motion where chaotic changes, stemming from the presence of eddies in the flow field, are present. In the wind industry, this unsteadiness in the flow field is typically quantified by the Turbulence Intensity (TI), an important parameter in the design and operation of wind turbines. Highly turbulent flows result in larger fatigue loads and therefore a reduction in the lifetime of a wind turbine, as well as deviations from its optimal operational state.

Measuring TI is therefore extremely interesting in the context of wind turbine condition monitoring. However, measuring turbulence intensity is a challenging endeavor. Early solutions have been based on the installation of instrumentation on met masts, which are expensive, and do not measure the wind field experienced by the rotor. Alternative solutions have appeared in the last few years, such as the installation of a LiDAR on top of the turbine. These devices give a more accurate description of the flow field, measuring in front of the rotor, although they are bulky, expensive and impractical as a large-scale solution.

An alternative is proposed here: Tri-axial accelerometers are mounted inside the blades of a wind turbine. The signal obtained by the accelerometers is used to obtain two variables representing the chaotic changes (obtained by means of the high-frequency acceleration content of the signal) and the large-scale changes (derived from the 1-minute wind speed signal obtained with another algorithm based on accelerometer data).

A multiple linear regression model, using these two variables, is trained on 1 month of LiDAR readings. Once the model has been trained, only accelerometer data is needed to make predictions on the TI. The accuracy of this model is tested, with around 93% of the predicted values falling within ± 0.04 of the real TI.

In addition to this, most of the outliers can be explained due to the wake coming from a nearby turbine. If wake filtering is performed, and only clean data is taken, the prediction improves to 99.1%. This proves the ability of the model to continuously monitor the TI experienced by the turbine without the necessity to keep the LiDAR installed on top of the turbine for large periods of time.

Jorge Fernández, Data Analyst

2 Modelización del recurso, evaluación de estelas, incidencia en la pérdida de producción

- *Calibración de emplazamiento para el estudio de la producción óptima mediante dos sensores Lidar. CEDER-CIEMAT*
- *Los patrones de correlación espacial de la energía eólica en la península ibérica y sus implicaciones en planificación, optimización de portfolios y precios. DNV*
- *Lost Energy Analytics - Lessons learned from 5.4 GW. Onyx Insight*



Calibración de emplazamiento para el estudio de la producción óptima mediante dos sensores Lidar



+34 975 28 10 13



b.ramos@ciemates

<https://www.ciemates/>

La industria eólica ha ido incrementando el tamaño de los nuevos aerogeneradores con el objetivo de generar más potencia. Sin embargo, este incremento, ha conllevado también un aumento de costes, incertidumbres y riesgos en los proyectos eólicos. La innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías, no solo se centra en dichas máquinas, sino también en los sensores que se encargan de cuantificar y caracterizar la fuerza que los mueve.

En este sentido, los sensores remotos (RSD), han surgido para mejorar y elevar el valor de dichos proyectos. El objeto de este análisis es presentar mediante resultados empíricos, la posibilidad de realizar una calibración de emplazamiento siguiendo los cálculos que se especifican en el anexo C de la norma IEC 61400-12-1:2017, pero con la salvedad de realizarla solamente con equipos de tecnología remota, sin utilizar ninguna torre meteorológica.

Esta casuística, no se encuentra contemplada en dicha norma, ya que en todo momento se exige la presencia de una torre meteorológica y en caso de ser terreno complejo, ni siquiera se presenta la posibilidad de utilizar un RSD. Esta investigación, se ha basado en la calibración de un emplazamiento moderadamente complejo para un aerogenerador de altura 36 m y diámetro 24 m, en la que los equipos RSD (exactamente, dos LIDARs ZX 300) se encontraban separados una distancia de 70 m (2.92D, siendo D el diámetro del rotor).

La evaluación del recurso ha sido realizada siguiendo la normativa actual, tanto por el Método 1, mediante un binado de direcciones y cortadura del viento, como por el Método 2, mediante regresión lineal, mostrando unos resultados en la medida de incertidumbre tanto en el cálculo de la velocidad del viento, como de la cortadura y de otros parámetros, mucho menores que con el uso de torres meteorológicas. No hay que dejar tampoco de lado, la reducción en riesgos humanos, en facilidad y en tiempo de montaje que suponen este tipo de sensores, en comparación con el montaje de altas y pesadas torres, así como la cobertura de datos y la reducción de impactos medioambientales.

El uso cada vez más frecuente de estas tecnologías está marcando nuevas perspectivas, en las que se permitirá de forma notoria, optimizar las evaluaciones del recurso eólico (WRA) y planteará nuevos retos normativos que vayan de la mano con la innovación.

Beatriz Ramos, Ingeniera Industrial



Los patrones de correlación espacial de la energía eólica en la península ibérica y sus implicaciones en planificación, optimización de portfolios y precios



+54 11 4021 4200



Sergio.Jimenez@dnv.com

<https://www.dnv.es/>

La energía eólica presenta una variabilidad temporal inherente debido a la naturaleza cambiante del viento. Sin embargo, existe una correlación entre la variabilidad del recurso entre diferentes localizaciones geográficas. Dependiendo del sentido e intensidad de estas correlaciones, las series agregadas de producción de diferentes plantas aumentarán o, en general, disminuirán su variabilidad relativa en mayor o menor grado.

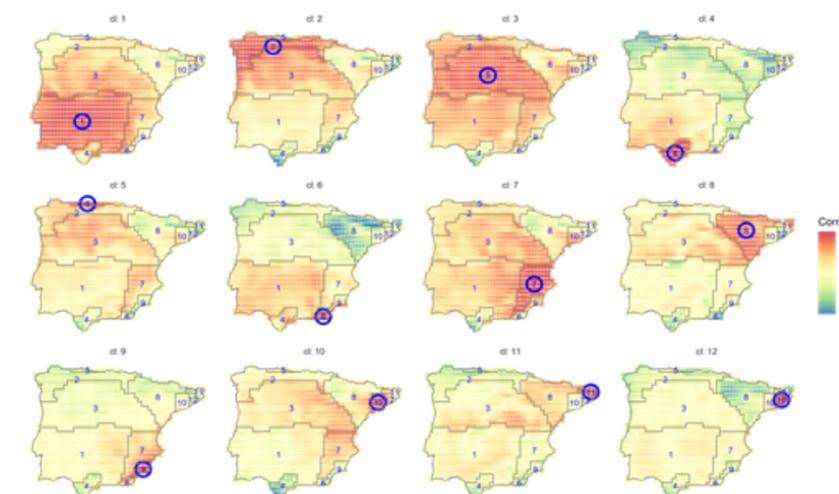
Entender los diferentes patrones de correlación entre diferentes localizaciones, que están relacionados con la naturaleza de los efectos climáticos locales, es de gran importancia para diferentes aplicaciones prácticas. Para un regulador es importante de cara a la planificación del crecimiento de la energía renovable. Para un propietario o inversor, para el diseño de portfolios que minimicen la variabilidad temporal de la producción y por tanto disminuyan los riesgos financieros. Para un agente representante, de cara al apantallamiento. También es relevante desde el punto de vista del precio efectivo de venta de la energía debido a la correlación existente entre el precio y el volumen total de energía renovable.

A partir de datos de velocidad de viento de reanálisis ECMWF ERA-5 a 100 m de altura, con una resolución de 0.25 x 0.25 grados longitud/latitud, y de Global Wind Atlas se han calculado las matrices de correlación espacial cruzada para cada posible combinación de celdas que cubren la península ibérica.

Para entender bien los patrones de correlación calculados, es necesaria una simplificación regional. Para ello ha utilizado un algoritmo de clusterización jerárquico, utilizando la matriz de correlación como distancia. El resultado es una división automática del territorio en diferentes regiones que presentan patrones de correlación en la evolución del recurso eólico comunes.

Finalmente, mostraremos algunas aplicaciones de este análisis de correlación de cara a la optimización de portfolios o estimación del coeficiente de apuntamiento.

Sergio Jiménez Sanjuán, Senior Data Scientist



WS 100M Average Correlation from cluster k



Lost Energy Analytics Lessons learned from 5.4 GW



Susie.Naybour@onyxinsight.com



<https://onyxinsight.com/es/>

Traditional analytics around turbine performance from operational data have been limited in identifying 'hidden lost energy' that can be recoverable and make a large impact on the bottom line for wind farm operations. Early adoption of machine learning in wind showed some promise, but only through combining this with engineering depth can the root cause of lost energy be uncovered.

Lost energy can be caused by several different issues including sensor miscalibration, incorrect control settings or sub-optimal operation and maintenance strategy. Early detection of defects can reduce the energy lost through the latter by giving the operator more time in which to schedule corrective works or complete interventions prior to failure. This supports the decision-making process for the operator.

Purpose built Machine Learning and statistical techniques to target common lost energy issues will be presented with learnings from our analysis of 5.4 GW worth of data. Examples include pitch accumulator fault detection, icing detection and yaw misalignment. These models are informed by in-depth wind engineering knowledge to provide actionable recommendations, above current anomaly detection methods. The results of the analysis and detected issues are contextualised in terms of monetary cost, to inform the priority level to resolve. This extracts value from the huge amount of data generated by a wind farm every day to inform valuable business-critical decisions. In addition, a specific case study will be provided to showcase the benefit of combining reliability and performance analytics for holistic optimization of lost production and useful life.

The main learning objective of this work is to discover how analytic techniques can be used to discover Lost Energy. This can be used to provide clear and actionable insights to aid with the prioritisation of different issues that may occur across a wind farm. A secondary objective is to explore specific examples of common causes of Lost Energy, based on the experience of the team at ONYX Insight, to understand how these issues may be detected and what measurable impact they might have.

Susie Naybour, Data Scientist

3 Integración en la Red y operación técnica del sistema: Códigos de Red, procedimientos de certificación, hibridación, garantía de capacidad, convertidores “grid forming” y convertidores síncronos

- *Beneficios de la Hibridación de parques eólicos con sistemas de almacenamiento de energía, BESS. **Hitachi Energy***
- *Hibridación de los parques eólicos con energía solar. **G-Advisory***
- *Participación de los parques eólicos en el Sistema de Reducción Automática de Potencia (SRAP). **Green Eagle Solutions***

HITACHI



Beneficios de la Hibridación de parques eólicos con sistemas de almacenamiento de energía, BESS



+34 610 49 10 92



josue.munoz@hitachienergy.com

<https://www.hitachienergy.com/es/>

Debido a su carácter impredecible e intermitente, la energía eólica dificulta la planificación y operación del sistema. Su papel dentro del mix de generación se limita, prácticamente en su totalidad, a la cobertura de la demanda siendo retribuida según el mercado diario o los contratos a plazos, como los Power Purchase Agreements (PPA).

Este comportamiento intermitente, es decir, pese a que su generación pueda ser más o menos predecible por modelos meteorológicos, no podemos aumentarla cuando a nosotros nos venga bien. Por ello nos enfrentamos a un problema de disponibilidad del recurso diferente.

Para compensar y minimizar este carácter “no predecible”, la hibridación de los parques eólicos con sistemas de almacenamiento de energía basados en baterías, BESS en sus siglas en inglés.

Las funcionalidades que podría un sistema BESS proporcionar con la hibridación a un parque eólico:

• Estabilidad y capacidad de backstart

Aumentando la eficiencia de la gestión de las redes y micro redes, siendo capaces de conectarse a la red y generar electricidad en un tiempo muy corto de tiempos, compensando la intermitencia de la generación eólica. El sistema BESS, en caso de pérdida de potencia en la línea, daría el respaldo y podría arrancar desde cero, diferentes procesos dentro de una microrred industrial.

• Backup

Asegurando el suministro comprometido, por ejemplo, si las turbinas debido a vientos huracanados deben ir a posición segura y no pueden generar, el BESS podría actuar como back up asegurando la potencia comprometida, o dar potencia de respaldo mientras el sistema eléctrico vuelve a su funcionamiento de diseño.

• Compensando el “curtailment” que pueda sufrir el parque eólico.

Utilizando esta situación para cargar el sistema de baterías, evitando vertidos y pérdidas de rendimiento del parque. El BESS, incrementaría los valores generales del rendimiento y eficiencia del parque eólico, así como el ROI de dicho parque.

• Arbitraje

Cargando el sistema BESS en periodos de precios bajos o nulos de la electricidad eólica, almacenando por tanto dicha energía en el momento de menor coste y volcándolos en la red, en momento pico del precio de la electricidad, generando un diferencial y un rendimiento económico.

• Servicios de ajuste

Deben ganar más relevancia ya que influyen los mercados que de la oferta y la demanda eléctrica en cada momento, “grid forming” y “grid following” frequency regulation” “reactive power compensation”.

Hitachi Energy ha desarrollado un completo sistema BESS, basado en todo el conocimiento y experiencia adquiridos en sistemas de red, utilizando la solución de control e-mesh basada la RTU de control, ampliamente conocida en el mercado, instaladas en las subestaciones de Hitachi Energy, los inversores eléctricos capaces generar la electricidad en corriente alterna, mediante las librerías, aportando funcionalidades requeridas.

De igual manera, con el conocimiento de los requisitos de conexión a red, como el “grid code” del TSO, garantiza la correcta integración del sistema BESS de Hitachi Energy en la red.

Utilizando DC Box, los racks de baterías, completamente certificados y testados, que aseguran el rendimiento y garantizando el mayor ciclo de vida, tanto de las baterías como el sistema BESS completo.

Josué Muñoz Pérez, Sales Manager Europe Sistemas BESS



Hibridación de los parques eólicos con energía solar



+34 91 514 52 00



javier.reneses@g-advisory.com

<https://www.g-advisory.com>

Desde la publicación del Real Decreto 1183/2020, que regula la hibridación de instalaciones de generación con capacidad de acceso concedida, el interés en estas instalaciones híbridas ha aumentado de manera muy significativa. En particular, uno de los casos de negocio que más interés atraen es la hibridación de parques eólicos en operación con una nueva instalación solar fotovoltaica.

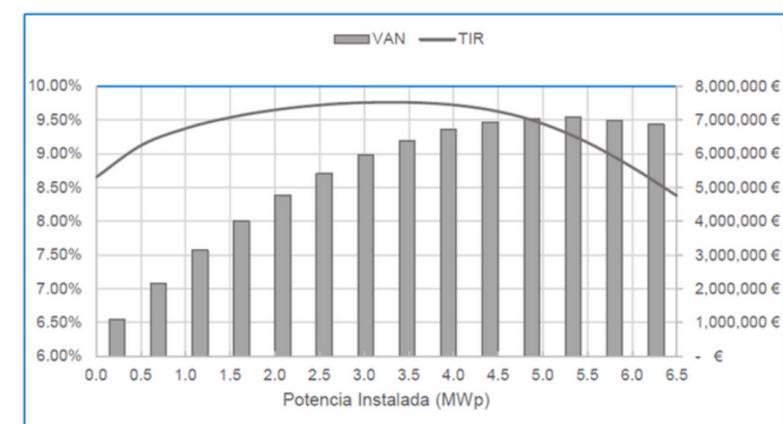
Las ventajas de la hibridación son varias, entre ellas un mejor aprovechamiento de la potencia de nudo, no ser necesario solicitar un punto de conexión, así como ciertas ventajas en el proceso de tramitación. Esto, unido al entorno de altos precios de la energía, hacen de la hibridación una alternativa que permite alcanzar rentabilidades atractivas. En esta ponencia se presentará una metodología completa para el análisis económico de la hibridación eólica-solar, estructurada en los siguientes pasos:

- Estimación del recurso solar esperado, necesario ya que la metodología se basa en utilizar perfiles síncronos de generación eólica (datos reales) y solar (datos estimados), para simular de una manera robusta la sinergia entre ambas fuentes de generación. Habitualmente se utilizan perfiles horarios de tres años reales, que se analizan como tres escenarios alternativos.
- Simulación del mercado eléctrico a largo plazo (25-30 años) para disponer de una estimación de la curva horaria de precios durante el horizonte temporal estudiado.
- Cálculo horario del incremento de generación que supone, en cada escenario, la hibridación con energía fotovoltaica. Para ello se itera con la potencia de la planta fotovoltaica, limitando la evacuación de acuerdo a la potencia autorizada en los permisos de conexión.
- Valoración económica del aumento de ingresos, teniendo en cuenta la generación fotovoltaica que se vierte a la red, así como los precios horarios estimados.
- Cálculo de la tasa de rentabilidad (TIR) y el valor actual neto (VAN) para diferentes potencias fotovoltaicas instaladas. Este cálculo tiene en cuenta una curva de CAPEX y de OPEX que refleja las economías de escala asociadas a la potencia fotovoltaica instalada.

El resultado que se obtiene son unas curvas de TIR y VAN dependientes de la potencia fotovoltaica instalada, que permiten al inversor tomar una decisión informada sobre la potencia fotovoltaica que finalmente se va a instalar.

A lo largo de los dos últimos años, los equipos de mercado de G-advisory y Simulyde hemos analizado la viabilidad de hibridar más de 30 parques eólicos en España. Los resultados, como es natural, han ido evolucionando según lo ha hecho el precio previsto de la energía a largo plazo. Por norma general, en parques ubicados en zonas de viento bajo-medio, con unas 2.000-2.500 horas equivalentes, la hibridación con solar es una solución atractiva a día de hoy con rentabilidades por encima del 7-8% incluso considerando un escenario moderado de precios. Aún en el caso de parques eólicos de alta utilización, la hibridación solar puede resultar una buena opción dependiendo de la potencia instalada y el perfil horario del parque.

Javier Reneses Guillén, Asociado Senior





Participación de los parques eólicos en el Sistema de Reducción Automática de Potencia (SRAP)



operez@greeneaglesolutions.com



<https://www.greeneaglesolutions.com>

La participación de las energías renovables en el mix energético es cada vez mayor, y debido a su difícil predicción, ciertas zonas geográficas se están viendo afectadas por congestiones en la Red.

Para solventar este problema, el operador de sistema, REE, puso en marcha un nuevo protocolo de operación, llamado SRAP (Sistema de Reducción Automática de Potencia) con la finalidad de otorgar mayor flexibilidad a la red y poder operar de forma rápida y segura.

Toda instalación adscrita a este mecanismo, debe tener la capacidad de reducir su potencia a 0 en cuestión de segundos. De esta forma, se dota a REE con la seguridad necesaria para poder desconectar ciertas plantas en casos de congestión u otros fallos del sistema.

Existen tres posibles escenarios de regulación según el tiempo de reacción, sin embargo, las plantas que participan en este sistema deben cumplir con todas:

- Regulación lenta: Reducir a 0 MW en 15 minutos
- Regulación media: Reducir a 0 MW en 40 segundos
- Regulación rápida: Reducir a 0 MW en 5 segundos

La participación en el sistema no presenta una retribución adicional directa. El principal beneficio para los propietarios es evitar, o al menos reducir, las restricciones a la operación utilizadas en la actualidad, como por ejemplo, las limitaciones al programa o los redespachos de energía programada.

La realidad en nuestro país es que la mayoría de instalaciones no están completamente preparadas para cumplir con estos requisitos, sobre todo en cuanto a los tiempos de respuesta. Normalmente, requiere de una adaptación en los sistemas de control local, y dependiendo de las tecnologías instaladas, se plantean escenarios diferentes.

Green Eagle Solutions, empresa tecnológica de automatización de procesos, se ha posicionado como socio estratégico para la adaptación de plantas renovables al nuevo protocolo de SRAP. A través del robot software ARSOS, se han podido aplicar las regulaciones de forma inmediata en instalaciones ubicadas en zonas altamente congestionadas y que sufrían pérdidas de media de hasta el 50%.

Óscar Pérez Alonso, Director of Growth

4 Soluciones para el incremento de producción de los parques existentes: Nuevas componentes, mejora del control...

- *AEPlus Boosting the energy production for G5X. **Siemens Gamesa***
- *Herramientas de optimización del control de dispositivos de plantas de energía eólica. **Isotrol***
- *Soluciones para el incremento de producción de los parques existentes. **W'wave***
- *Wake Detection. **Ventus Engineering GmbH***
- *Wind Speed Detection. **Ventus Engineering GmbH***
- *Sistema de balizas nocturnas según demanda. **Dark Sky GmbH***



AEPlus Boosting the energy production for G5X



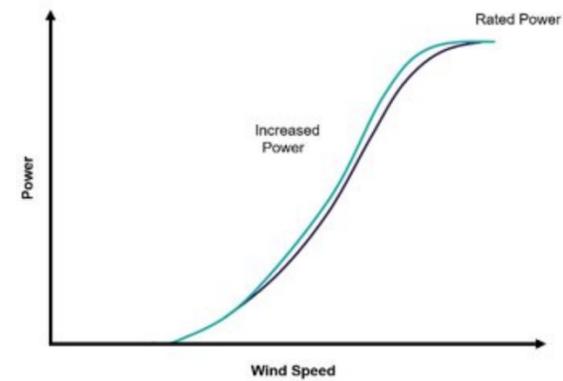
javier.purroy@siemensgamesa.com



<https://www.siemensgamesa.com/es>



AEPlus



AEP increase (estimate)		
Platforms	G52	G58
850 kW	Up to 2%	Up to 4%

Javier Purroy Turrillas, Platform Owner

Challenge

Would you like to increase the AEP of your aging fleet and also have the option of applying the benefits of Life Extension? Siemens Gamesa has the **AEPlus** solution to offer.

Solution

AEPlus is the overall software controller tuning of the wind turbine, optimizing turbine performance below rated power. A new improved operational curve is defined using enhanced aeroelastic models.

The upgrading is accomplished in low-medium wind operation zones and allows full compatibility with Life Extension purposes.

Benefits

- Energy production increases by up to 2% on G52 and 4% on G58 (the AEP increase is site – dependent)
- AEPlus is compatible with lifetime extension programs (based on loads envelope)
- OEM-designed and OEM-validated
- Measurable increase in energy production can be demonstrated by site-specific measurement campaign
- Improved revenue from day one



Herramientas de optimización del control de dispositivos de plantas de energía eólica



+34 601 73 35 71



rnavarro@isotrol.com



<https://www.isotrol.com/>



La energía eólica no solo se ha expandido enormemente en los últimos años, también ha evolucionado a nivel técnico. Esto hace que nos tengamos que enfrentar a nuevos retos, desarrollando y optimizando todos los aspectos relacionados con esta tecnología, desde el campo de la gestión de activos, diseño, construcción o, en este caso, la operación y el control.

El incremento de activos que manejar, añade nuevas tareas, no solo en el ámbito de la operación y mantenimiento, sino también en la esfera del control. Se hace necesaria la implantación de mecanismos de mejora en el envío de comandos o consignas en un sector cada vez más sujeto a restricciones y limitaciones.

El objetivo será siempre el de reducir los tiempos de parada, los errores humanos, conseguir el máximo rendimiento de nuestros activos y facilitar los trabajos de operación de nuestros equipos.

El papel de Isotrol

El contenido de nuestra presentación girará en torno a cómo mejorar el control de un parque eólico. Gracias a los avances que plantearemos, tales como la programación de consignas o automatizar comandos según lógicas, lograremos perfeccionar los mecanismos de control de las turbinas, obteniendo beneficios que repercutirán directamente en el rendimiento energético de nuestras turbinas y en la optimización de las tareas de operación.

Para poder llevar a cabo las mejoras en el control, nuestro sistema es capaz de implementar diferentes métodos para operar las turbinas. Partiremos de las acciones básicas que nos proponen los fabricantes, como es, el envío de un comando de arranque o parada. Pero nuestro objetivo es el de tener un amplio abanico de posibilidades para que pueda adaptarse a cualquier situación de la vida útil de la planta, de esta manera conseguiremos reducir los tiempos de parada de la máquina, cumplir con las normativas de gestión medioambiental, gestionar las limitaciones de red, optimizar las paradas planificadas...

Para este propósito, nuestro módulo de control cuenta con dos funcionalidades principales que nos permitirán acometer toda esta casuística. Por un lado, la programación de comandos, por otro lado, el desarrollo de lógicas para la automatización del envío de órdenes a nuestras máquinas.

Bajo estas funcionalidades, vamos a garantizar el seguimiento de su funcionamiento, asegurando el rendimiento, beneficios económicos y utilidades como pueden ser:

- Conseguir automatizar gran parte de la operación eólica, basándonos en datos reales de la planta (rendimiento, alarmas, señales...). Seremos capaces de establecer una lógica de trabajo que permita ejecutar comandos, enviar notificaciones o evaluar indisponibilidades causadas por dichos comandos.
- Cumplir con las restricciones ambientales de su región, como control de aves y murciélagos, niveles de ruido y luz, lo que garantiza la máxima disponibilidad de tiempo de operación de los activos bajo las restricciones reglamentarias.
- Actuar de manera reactiva a las condiciones ambientales para maximizar la producción y la vida útil de los activos
- Cruzar los datos de mercado y comportamiento de las turbinas para cumplir lo planificado minimizando las penalizaciones y maximizando el beneficio.

Ricardo Navarro Delgado, Product Manager



Energía Eólica Concentrada



+34 607 26 38 18



manuel.alcocer@wwavenet.com



<http://wwavenet.com/>

La Energía Eólica Concentrada es una tecnología eólica novedosa que consiste en la optimización del recurso eólico (aumento de velocidad, disminución de perfil vertical y disminución de la intensidad de turbulencia) a través de la modificación artificial de la orografía del emplazamiento por medio de la instalación de Concentradores: estructuras dispuestas en el parque eólico de forma a optimizar las condiciones del viento que atraviesa el área barrida por el rotor del aerogenerador por medio del bloqueo del viento que fluye en el estrato atmosférico entre el suelo y el rotor y el posterior desprendimiento del flujo tras dicho Concentrador.

En el presente Paper se presentan los resultados experimentales de pruebas de concepto realizados en el Centro de Desarrollo de Energías Renovables (CEDER), perteneciente al Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

Se presenta asimismo los resultados de simulaciones CFD con distintos casos de usos de la tecnología: Concentradores discretos, Concentradores continuos abarcando más de una turbina, Concentradores cerca de pendientes pronunciadas y Concentradores dispuestos en parques multi-hilera para corregir el efecto nocivo de las estelas provenientes de turbinas anteriores.

Se explora también la oportunidad de utilizar la Energía Eólica Concentrada para aumentar de forma relevante el número de turbinas en emplazamientos eólicos cuya área esté restringida por factores geográficos o administrativos, de forma a maximizar la potencia de parques eólicos y su rendimiento energético a un menor coste de energía.

Manuel Alcocer, CEO / Peter Grabau, CTO



Wake Detection using TripleCMAS



xtolron@ventus.group



<https://ventus.group/>

The impact of wake on wind turbines downstream from other close-by wind turbines is a well-known and established problem decreasing the power production and increasing the loads.

Ventus is proposing an innovative way to evaluate the levels of wakes a turbine is undergoing at any time through a continuous monitoring. The understanding and evaluation of wake levels could be used to better manage and increase a wind farm's overall production by means of pitching and / or yawing upstream turbines to decrease the wake levels for the downstream turbines.

The TripleCMAS technology consists in the installation of several 3-axis, wireless, accelerometer sensors located inside the blades, the nacelle and / or the tower. The minimum setup required for the wake detection is to have two sensors installed inside the same blade at a distance significant enough to detect blade behaviours (i.e: bending, twisting, etc...).

The method of evaluating the levels of wake consists in determining the relative angle of interest (here the angle, between sensors, corresponding to the pitch angle of the blade) between two accelerometers of a same blade using rotational matrices and Euler angles. The relative values of the angles of two sensors installed in the same blade, is demonstrated to be directly correlated to the Turbulence Intensity (TI) levels the Wind Turbine is undergoing and more specifically to the Turbulence Intensity levels caused by the wake caused by upstream turbines.

A study of the wake detection levels using this new solution will be presented against TI levels given by a nacelle-based LiDAR and the corresponding power production losses per wind sectors.

Xavier Tolron, Head of analysis



Wind Speed Detection using Gaussian Mixture Models



gfabozzi@ventus.group



<https://ventus.group/>

Knowledge of wind speed at wind turbine hub height is of fundamental importance for the correct monitoring of wind turbine operations. Not only can it be of use in adjusting wind power curves, but it can also be used as an intermediate metric in estimating other valuable information, such as turbulence intensity. The current industry standard involves either the use of met masts, which are often expensive, or the use of anemometers installed on the nacelle, whose measurements are however often flawed by the rotor itself. We therefore propose a method to estimate wind speed at hub height using tri-axial accelerometers on wind turbine blades and little auxiliary information.

The detection of wind speed at hub height using this TripleCMAS algorithm is based on knowledge of the average rotor speed, the average blade angle of attack over 1 or 10-minute intervals, and a historical wind distribution over the area. The first two metrics can be extracted through other TripleCMAS algorithms, while historical wind distributions (or wind roses) can be those gathered during the wind resource assessment phase of the wind farm development. The average rotor speed is determined by taking the harmonic average of the number of full revolutions of the blades over 1-minute intervals, while the blade angle of attack is estimated by looking at the relative magnitude of the accelerometer readings between the edgewise and flapwise axes.

To estimate the wind speed at hub height, a Gaussian Mixture Model (GMM) is fit to the angle of attack and rotor speed distribution built with X-minute intervals, where the Gaussian mean vectors and weights are not allowed to vary. The knowledge of the historical wind speed distribution allows a more precise setting of the initial parameters of the GMM. Once the GMM is trained, it can be used to predict wind speed at hub height for new, future time points providing only the rotor speed and the blade angle of attack.

Test accuracy was derived by comparing predictions to nacelle-based LiDaR measurements. On average, after a variable training period, accuracy was 70% of points predicted within 1 m/s of the LiDaR measurement and 90% withing 2 m/s.

Gabriele Fabozzi, Data Analyst



Sistema de balisas nocturnas según demanda



+49 395 766 580-89



aba@dark-sky.com



<https://aerones.com/es/>

En los últimos años la energía eólica ha presentado diversos desafíos en cuanto a su aceptación, uno de ellos es la contaminación lumínica en las noches. Esto ha dado lugar al desarrollo de un conjunto de regulaciones y tecnologías en aras de aumentar la sostenibilidad y disminuir el impacto ambiental a escala internacional.

Los orígenes legales de la aviación civil para las balisas nocturnas según demanda esta comprendido por un lado por el derecho público e internacional para la aviación civil con la convención de ICAO en su apéndice 14 y por otro lado el derecho de la aviación civil nacional de cada país. Además en Europa se han unificado criterios para la región que quedan expuestos en el reglamento Nr.139/2014 que establece los requisitos y procedimientos administrativos relacionados con los aeródromos de conformidad con el Consejo y Parlamento Europeo. Si bien la ICAO (International Civil Aviation Organisation, según siglas en inglés, con 193 países hasta la fecha) ha mostrado una evolución legal para solucionar este problema, es a partir del 2020 cuando ofrece un marco legal elaborado para la implementación de estos sistemas. En el anexo 14 de la convención de la ICAO Capítulo 6 epígrafe 6.1 nota 2, así como en el Manual de diseño de aeródromo (Doc 9157), Capítulo 4 se establecen las regulaciones internacionales para estos sistemas. Actualmente existen dos tipos de tecnologías o soluciones para las balisas de iluminación nocturna radar y transpondedor cada una con disímiles variantes o soluciones. La solución vía transpondedor se ha convertido en la más utilizada por su facilidad de instalación, entre otros aspectos. Desde el 05.11.2020 en Alemania constituye una obligación la instalación de estas balisas, con fecha límite en el 2022 para las turbinas terrestre y 2023 para las onshore, en todas las turbinas eólicas que han sido instaladas a partir del 2005 y exceden los 100 metros de altura salvo aquellas que requieran una iluminación obligatoria debido a su localización o por razones económicas no factibles. En otros países de Europa como Francia, Reino Unido y Países Bajos y en EEUU y Canadá ya existe o se está desarrollando el marco legal para la instalación de estos equipos. Dark Sky ha realizado alrededor de 500 proyectos de este tipo con las tecnologías existente a lo largo de toda Alemania. Hemos acumulado bastante experiencia con los principales fabricantes en Alemania y algunos internacionales. Con nuestra ponencia pretendemos presentar una panorámica de esta solución desde sus orígenes hasta la actualidad, transmitir nuestra experiencia, así como los principales retos y desafíos superados para su implementación.

Anika Batista Bonachea, Desarrollo de Negocio

5 Extensión de vida: procedimientos de diagnóstico, certificados/modelización de la vida remanente, etc. Determinación de la vida remanente a través de modelos aerolásticos

- *10 años de extensión de vida en España, evolución, aprendizajes y perspectivas a futuro. **UL Solutions***
- *Análisis de evaluación del comportamiento de los sistemas de Yaw y de Pitch en parque eólico a partir de datos de SCADA orientados al mantenimiento. **Isotrol***
- *Development of a new degradation oil test method for gearbox oils using the color measurement. **Bureau Veritas***
- *La importancia de un buen procedimiento de cambio de aceite para asegurar una larga vida de los equipos. **LUBRICANTES Mobil SHC***
- *Preload Measurement System. **Schaeffler Iberia***
- *Protección corrosiva y alta durabilidad de las estructuras. **Efectos Navales Bordaberri***
- *Relative Blade Pitch Misalignment. **Ventus Engineering GmbH***
- *Replanteamiento de las inspecciones de palas: internalización y subcontratación, una sinergia más que una dicotomía. **Skyvisor***
- *Resultados de validación del sistema de monitorización de corrosión basado en ultrasonidos. **CEIT***
- *Rotor imbalance. **Ventus Engineering GmbH***
- *Rotor RPM and overspeed detection. **Ventus Engineering GmbH***
- *Shock detection trend analysis tool. **Ventus Engineering GmbH***



10 años de extensión de vida en España, evolución, aprendizajes y perspectivas a futuro



+34 661 84 71 00



josejavier.ripa@ul.com



<https://www.ul.com/>

En esta ponencia, UL hará un repaso a cómo ha evolucionado la Industria Eólica española respecto al posicionamiento frente a la extensión de vida de los aerogeneradores. Explicaremos como las dudas y consideraciones iniciales fueron convirtiéndose en proyecciones para una gestión de la vida con el foco en la optimización de costes y cómo las perspectivas futuras darán paso a un escenario de responsabilidad corporativa y el reto de afrontar la hibridación con potencia solar y almacenamiento.

El año 2013 marcó la entrada en un quinquenio aciago en España en el que ni un solo MW de potencia eólica fue instalado, debido a un nuevo marco regulatorio nefasto para las energías renovables. Es entonces cuando se empezó a explorar en serio el concepto de la extensión de vida, fundamentalmente como un mecanismo para poder refinanciar activos eólicos al borde de la quiebra.

En esos primeros años la mayor preocupación residió en la capacidad de sobrepasar las vidas certificadas, y no tanto por dudas técnicas ya que esas máquinas estaban diseñadas para soportar muchas mas cargas, sino por el formalismo de la certificación en si misma, y la aproximación de los organismos con competencias. En esta fase el análisis de extensión de vida se enfocó en demostrar la capacidad de conseguir que los activos obtuvieran un certificado que les permitiera seguir operando, pero el esfuerzo inicial de las administraciones por posicionarse acabó en un reconocimiento de la incapacidad de estandarizar criterios de forma normalizada.

Tras esta fase inicial, las empresas se han enfocado en utilizar los modelos para establecer planes de O&M que permitan minimizar el OPEX de los activos en operación, mediante proyecciones de vida remanente estructural, modelos de remplazo de componentes y renegociación de contratos con mantenedores. Las comparativas con modelos de repotenciación y los análisis de vida remanente para compraventa de activos han movlizado la tecnología de modelizado y evaluación.

¿Qué nos depara el futuro? En adelante las políticas ESG (“Environmental, Social and Governance”) de las empresas van a incorporar la componente de responsabilidad corporativa en la gestión de la vida de los activos, el impacto en la marca, en los trabajadores y en terceros a la hora de definir qué analizar, y cómo hacerlo. Por otro lado, la hibridación de parques operacionales va a generar la necesidad de sincronizar la vida de las plantas eólicas operativas con las nuevas plantas solares, lo que aportará una serie de nuevos retos a la Industria.

Jose Javier Ripa Serrano, Responsable de Gestión de Productos



Análisis de evaluación del comportamiento de los sistemas de Yaw y de Pitch en parque eólico a partir de datos de SCADA orientados al mantenimiento



oscar.munoz@tecnalia.com



<https://www.tecnalia.com/>

Las variables de operación aportadas por el SCADA en un parque eólico tienen el potencial de ser utilizadas más allá de las funciones por la que fueron implementadas. Entre otras, la explotación de dichos datos orientados a la supervisión y mantenimiento de los diferentes subsistemas de un aerogenerador pueden, en la medida de lo razonable, aportar una mejora operativa significativa sin necesidad de la instalación de sistemas de monitorización adicionales.

Dentro del marco del proyecto SMARTWIND, este trabajo presenta tanto la metodología como los resultados obtenidos, a través de análisis software, de la evaluación del funcionamiento de los sistemas de Yaw y de Pitch. Dichas herramientas han sido utilizadas en un grupo representativo de aerogeneradores durante un periodo de tiempo significativo.

Los trabajos realizados incluyen tanto la extracción de los indicadores de estado a partir de la fusión de las variables disponibles, como los detectores de patrones necesarios para la identificación de anomalías en el comportamiento funcional de los sistemas mencionados. En la aplicación de los algoritmos se han tenido en cuenta tanto la naturaleza de los datos disponibles del SCADA, como las condiciones de contorno en la operación del parque derivadas de los periodos estacionales.

Óscar Muñoz Navascués, Ingeniero Electrónico



Una revisión de las estrategias de extensión de la vida útil de los parques eólicos utilizando un programa de OCM – Oil Condition Monitoring



+34 683 55 53 91



yesid.gomez@bureauveritas.com



<https://www.bureauveritas.es/>



Las distintas configuraciones de aerogeneradores en los parques eólicos están equipadas con multiplicadoras, cuya función principal es la de transformar las bajas revoluciones por minuto que transmite el buje, donde se incorporan las aspas del aerogenerador y se apoya el rotor, en altas revoluciones por minuto necesarias por el generador para producir energía. A pesar de la continua innovación en los diseños, los sistemas de lubricación, las mejoras en las propiedades de los distintos materiales y en las formulaciones de los lubricantes empleados, los problemas de mantenimiento en todas las tecnologías persisten, como consecuencia de la fatiga de los componentes, o por contaminaciones externas (por agua, aire o partículas de polvo) que pueden hacer que el sistema de lubricación provoque un desgaste acelerado de los componentes.

Este tipo de problemáticas termina por ocasionar una reducción drástica de la vida útil de estos componentes y por consiguiente de los parques eólicos y evidentemente un mayor coste de explotación que, en última instancia, podría reducir el constante crecimiento de esta tecnología dentro de las fuentes de energías renovables.

Además debemos de considerar que para el cumplimiento de los objetivos de producción de energía renovable en todas las cuencas marítimas de la UE, según la Comisión Europea, los cuales se estiman de al menos 60GW para 2030 y 340GW para 2050, se va a requerir un despliegue más rápido de las energías renovables, lo que resulta en aumentos adicionales en el tamaño de la turbina eólica y un entorno operativo donde los desafíos tecnológicos son más severos y el mantenimiento más difícil de realizar.

Si analizamos las recientes investigaciones sobre los modos de degradación de aceites de multiplicadoras y extensión de vida en el mundo eólico, nos encontramos que estas son muy limitadas. Una de las causantes de estas limitaciones es la introducción en las últimas décadas de aceites con químicas modernas, aceites base sintéticos tipo PAO o PAG en detrimento de los aceites base derivados del crudo del petróleo, y nuevos paquetes de aditivos, que han obligado a adecuar y actualizar las metodologías tradicionales y desarrollar otras nuevas para la determinación de las diversas propiedades de los aceites y poder comprender el comportamiento de estas nuevas formulaciones.

Si consideramos la irrupción de la crisis sanitaria provocada por la covid-19 y la guerra Rusia-Ucrania, la industria del lubricante se ha visto completamente paralizada por la limitación de materias primas, principalmente el petróleo procesado. La falta de este componente está retrasando los procesos de fabricación de aceites y grasas, y por tanto exige que los usuarios finales, como es el caso de los grandes fabricantes de aerogeneradores, implementen nuevas tareas que permitan la extensión de la vida de estos productos ante una inminente reducción de la oferta de los mismo.

A través de los resultados de este estudio, hemos podido entender estos modos de degradación, y sobre todo nos ha llevado a plantear nuevas alternativas dentro de los programas de OCM – Oil Condition Monitoring que han permitido mejorar la detección temprana de los posibles fallos y poder así extender la vida útil de las multiplicadas y en consecuencia de los parques eólicos.

Autor: Yesid Antonio Gómez, OCM Diagnostician Manager

Co-autor: Adolfo Málaga, OCM Director

Co-autor: Jose Ignacio Ciria, OCM LAB Manager



La importancia de un buen procedimiento de cambio de aceite en la futura vida del lubricante nuevo y en la fiabilidad de los equipos



+34 607 26 38 18



Roberto.Gonzalez@es.moovelub.com



<https://www.mobil.com.mx/>

Todos los equipos lubricados necesitan renovar cada cierto tiempo el aceite que los protege, tanto para reponer los aditivos gastados como para extraer los contaminantes y residuos producidos en su trabajo diario. Hoy en día, se exigen periodos de cambio de diez años o más en las multiplicadoras, lo que obliga a llevar un control exhaustivo de los parámetros del aceite, filtrado externo, control de la temperatura, etc.

Pero hay un momento inicial, el momento del cambio, que es crucial y clave en la vida del lubricante y, por tanto, del equipo lubricado. Si no se realiza el cambio de aceite en condiciones, extrayendo todo el aceite 'viejo' y enjuagando el equipo para tratar de dejarlo en las mejores condiciones para proceder a la carga de lubricante nuevo, encontraremos problemas en el futuro tales como formación de espumas, aparición de cifras 'extrañas' en los resultados de análisis de aceite, etc. Hoy sabemos que un cambio de aceite mal hecho, es decir, dejando dentro de los equipos y sistemas una cantidad apreciable de aceite usado, va a reducir notablemente la vida del aceite nuevo.

El querer ahorrar algo de tiempo y un poco de aceite en el momento del cambio, es el responsable de arruinar la vida de un lubricante que, teóricamente, debería soportar más de diez años sin tocar. El procedimiento correcto de cambio de aceite consiste en vaciar del todo (desmontando incluso tuberías y carcasas, en su caso), enjuagar con un aceite de sacrificio (flushing), volver a vaciar del todo llenando con la carga definitiva de lubricante, y por supuesto con filtros nuevos. Este procedimiento, correctamente ejecutado, es una inversión de tiempo que proporciona una larga vida sin problemas de la carga de aceite nuevo.

Roberto González, Responsable técnico

SCHAEFFLER

Preload Measurement System



joseantonio.pastor@schaeffler.com



<https://www.schaeffler.es/es/>

PREMESY, SISTEMA PARA GARANTIZAR EL CORRECTO MONTAJE DE LOS RODAMIENTOS DE RODILLOS CÓNICOS PRECARGADOS

Correcto montaje y monitorización. Rodamientos de Rodillos Cónicos precargados montados en el rotor o en la multiplicadora. La vida en servicio de los rodamientos y más concretamente la de los de rodillos cónicos montados en el rotor o en los portasatélites de la multiplicadoras está condicionada por su correcto montaje. En disposiciones de dos rodamientos de rodillos cónicos precargados y de acuerdo con la ley estadística de Weibull se aprecia que la vida en servicio alcanza un máximo siempre y cuando se monte en un rango concreto de precarga.

Premesy, sistema formado con tres sensores, garantiza el correcto montaje del sistema apoyándose en las rigideces de las partes adyacentes facilitadas por el fabricante del aerogenerador o de la multiplicadora. También podemos monitorizar máquinas en servicio con Premesy y saber en todo momento si nuestro sistema está trabajando correctamente. Premesy nos avisará de posibles anomalías del sistema para poder planificar futuras operaciones de mantenimiento convenientemente.

José Antonio Pastor, Wind Sector Sales Manager



Protección corrosiva y alta durabilidad de las estructuras



jon@efectosnavalesbordaberry.com



<https://efectosnavalesbordaberry.com/>



LOS PRIMEROS PASOS

El desarrollo de nuevos recubrimientos con una durabilidad extrema para la protección de estructuras a nivel mundial ya es una realidad. EÓN TECHNOLOGY SYSTEM introduce como capa intermedia una membrana elastómerica de elevado grosor y realizada con materiales de última tecnología denominada Ecolastán Xtreme Nanotech.

La tecnología EÓN se basa en la patente RMBD (Recubrimientos multifuncionales de baja densidad) no solo contemplando acciones de daño en un solo sentido sino dando importancia a todo el proceso de oxidación del metal aumentando la resistencia a la corrosión respecto a sistemas tradicionales. Nuestro sistema EÓN reduce la corrosión con una durabilidad real expuesta a distintas situaciones en los ambientes mas exigentes.

PROTECCIÓN ANTICORROSIVA

Los sistema EÓN están diseñados para resistir a una situación habitual ofreciendo una protección máxima contra la corrosión en ensayos cíclicos UNEEN ISO 2808:2007 , UNE-EN ISO 6270- 1:2019 , UNE-EN ISO 9227:2017 , UNEEN ISO 4628-2, -3, -4 y -5 and UNE-EN ISO 12944-6 Anexo A.

UN NUEVO CAMINO EN LA PROTECCIÓN

EÓN TECHNOLOGY SYSTEM aumenta la protección y la durabilidad de las estructuras exponiendo al recubrimiento a una situación real a pesar de las deformaciones en frío a las que este sometida, gracias a su membrana Ecolastán Xtreme Nanotech es capaz de resistir impactos, plegados según UNEEN ISO 6272-1:2012 y UNE-EN ISO 1519:2011

LA VERDAD DE UNA PROTECCIÓN

La durabilidad de las estructuras esta claramente en un entredicho debido al hecho demostrado de tener que estar continuamente reparando si llegar a los años esperados, de la manera que aumentan costes , mantenimientos, residuos, sobrecostes a largo plazo, accidentes , etc... Sistemas tradicionales con espesores insuficientes se enfrentan a las condiciones mas adversas de la naturaleza, ofreciendo una resistencia con fecha de caducidad muy inferior a la prevista.

Jon Fernández Herrero y Fernando Iturbe García, CEO Efectos Navales Bordaberry y CEO Grupo Terrafly



Relative Blade Pitch Misalignment



xtolron@ventus.group



<https://ventus.group/>

It is a general assumption in the industry that even a 1° pitching angle difference between two blades could lead up to 5% of power production loss.

To accurately detect the relative blade pitch misalignment, a method using the Critical Components Condition Monitoring, fault detection and instant Alarm System (TripleCMAS) is proposed here.

This technology provides information based on data collected by 3-axis accelerometer sensors located inside the rotor. Three accelerometers are installed identically inside the individual wind turbine blades. Each sensor is placed the same distance from the centre of rotation, with one sensor-axis aligned along the length of the blade, one sensor-axis aligned with the blade-flapwise axis, and the last sensor-axis aligned with the blade-edgewise axis. A unique algorithm based on artificial intelligence and numerical models is developed to determine the relative pitch misalignment. The algorithm consists in determining when the three blades are in the same position and what are the forces measured along the flapwise and edgewise axis of the accelerometer.

The three-axis system is crucial for the algorithm to calculate the relative blade pitch misalignment. Prior to any algorithm calculations, a calibration procedure is followed to determine the angle errors of installation. The algorithm determines what the edge- and flap-wise force on the wind turbine blades are, when the turbine is in operation.

The software for monitoring uses rotational matrices and Euler angles to determine the relative angle of interest (the pitch angle) between two sensors. After accounting for the error of installation, the Relative Dynamic Blade Pitch between the three blades can be determined.

Accurately measuring the relative blade pitch misalignment can potentially have a big impact on the monitoring of wind turbines whether it is its lifetime or power production.

Xavier Tolron, Head of analysis



Replanteamiento de las inspecciones de palas: internalización y subcontratación, una sinergia más que una dicotomía

 <https://es.skyvisor.fr/>

MOTIVACIÓN & RESUMEN

El mantenimiento correctivo de las palas del rotor supone el 22% de los costes de mantenimiento correctivo de las turbinas. Mientras tanto, los costes de la mano de obra y de los equipos aumentan debido a la gran demanda de una industria en constante crecimiento. En consecuencia, los costes operativos de los proveedores de servicios se están disparando, mientras que los operadores de turbinas necesitan reducir los costes de O&M.

Las inspecciones de las palas realizadas por proveedores externos exigen una planificación sofisticada y no permiten una supervisión frecuente, ni un mantenimiento predictivo. No obstante, la contratación de proveedores de servicios externos para las inspecciones de las palas sigue siendo la estrategia de mantenimiento predominante.

SkyVisor es un proveedor de soluciones de inspección digital, con conocimientos elaborados sobre la dicotomía y las sinergias entre las inspecciones internalizadas y las externalizadas. A lo largo de esta presentación, SkyVisor presentará las múltiples estrategias de inspección existentes, al mismo tiempo que se centrará en las diferencias estratégicas clave entre las inspecciones internalizadas y las externalizadas, dando un paso atrás para replantear el rígido concepto de las mismas. Se presentará un enfoque de inspección revolucionario, eficiente en cuanto a costes y tiempo, que satisfaga las necesidades de nuestro próspero e inherentemente eficiente sector de las energías renovables de 2022.

Paul Fontaine, CEO



WATEREYE

Resultados de validación del sistema de monitorización de corrosión basado en ultrasonidos



oacortes@ceit.es



<https://www.ceit.es/>

Los costes de operación y mantenimiento pueden suponer hasta un 30% del coste nivelado de la energía (LCoE) en la eólica marina, siendo la corrosión la principal causa de fallo en este tipo de estructuras. A pesar de los esfuerzos de la industria, la monitorización de la salud estructural no ha sido desarrollada ni integrada en los sistemas de control de los parques eólicos, ni en los sistemas de apoyo a la toma de decisiones.

El proyecto WATEREYE tiene por objetivo desarrollar una solución integral que permita a los operadores de parques eólicos marinos predecir la necesidad de llevar a cabo operaciones de mantenimiento, reduciendo así los costes gracias a un novedoso sistema de monitorización y control.

En esta etapa final del proyecto se han llevado a cabo sesiones de integración y validación del sistema de monitorización de corrosión desarrollado. En septiembre tendrá lugar la demo final en la plataforma offshore de PLOCAN donde se instalará todo el sistema de monitorización dentro de la estructura metálica diseñada emulando una torre. Los datos provenientes del sistema de monitorización alimentarán las herramientas de toma de decisiones para predecir la vida remanente de la estructura detectando fallos con alta precisión. La validación que se ha realizado ha consistido en desplegar cuatro nodos sensores fijos, un nodo móvil integrado en un dron, una estación base embebida (WEC) y la herramienta de visualización como receptora de datos dentro de la estructura metálica.

SISTEMA DE MONITORIZACIÓN VALIDADO EN EL INTERIOR DE ESTRUCTURA METÁLICA

Se presentará el diseño de la estructura que se ha construido para llevar a cabo la validación intermedia del sistema, el análisis de los espesores medidos a través de los nodos sensores de ultrasonidos donde se han utilizado muestras de acero corroídas en laboratorio sin recubrimiento y con recubrimiento Norsok 7A, el análisis de los mensajes recibidos a través de la red inalámbrica basada en UWB en un entorno metálico y el análisis del posicionamiento del dron y de las medidas realizadas.

Ainhoa Cortés, Directora del Grupo de Sistemas Electrónicos y Comunicaciones y Coordinadora del proyecto WATEREYE



Rotor imbalance



xtolron@ventus.group



<https://ventus.group/>

The wind turbines have 3 blades that experience equal loads to ensure a maximal power production and to prevent damage. The symmetric disposition of the blades, at 120° from each other, also cancel out the resultant of the lateral forces on the wind turbine. An asymmetric load on a blade will create vibrations and lead to fatigue, so it is critical to ensure that the blades are perfectly balanced.

The Critical Components Condition Monitoring, fault detection and instant Alarm System (TripleCMAS) technology provides information based on data collected by a 3-axis accelerometer sensor located inside the tower. This accelerometer measures the acceleration of the tower on 3 axes: in the fore-aft, side-side and vertical directions. An additional 3-axis accelerometer is placed inside a blade to compute the rotational speed of the blade. It measures the edgewise, flapwise and spanwise accelerations.

The acceleration data is used to monitor the tower movements and detect rotor imbalances. Several studies show that the rotor imbalance can be detected by studying the Power Spectrum of the tower acceleration. The power spectrum of the tower oscillations shows peaks corresponding to the blade rotation (1p) and its harmonics. The 3p peak, corresponding to the passing of the 3 blades in front of the tower is the predominant peak when the rotor is balanced. A 1p peak with a higher magnitude of the 3p peak suggests rotor imbalance. A rotor imbalance can be detected on the power spectrum of the fore-aft oscillations, whereas a mass imbalance can be detected on the side-side oscillations.

First, the monitoring system computes the blade rotational speed by low-pass filtering the blade acceleration and measuring the time interval between the sinusoids. Then, the monitoring system gathers the acceleration on the fore-aft and side-side channels. It computes the power spectrum of the acceleration. Based on the rotational speed, it detects the peaks corresponding to the 1p and 3p frequencies, and finds the 1p/3p ratio of their magnitudes. This ratio depends on the rotational speed. So the 1p/3p ratios are binned by rpm and an average ratio for each rpm bin is computed. Finally, the system creates one plot per channel showing the difference between the current ratio and the average ratio for the same rpm bin. These plots are used to monitor the anomalies and imbalances affecting the rotor.

In conclusion, the CCCMAS can be used to monitor the tower oscillations, which are affected by the rotor status. A rotor imbalance will cause the tower to oscillate more at the frequency of the faulty blade, and this can be detected by analysing the tower oscillations.

Xavier Tolron, Head of Analysis



Rotor rotational speed detection and rotor overspeed alarm using TripleCMAS



xtolron@ventus.group



<https://ventus.group/>

The rotational speed of a Wind Turbine Generator's rotor must constantly be monitored at all times. The rotational overspeed for turbines can be devastating on many levels such as: the failure of the turbine's shaft, blade unbalance, gear teeth damage, and wear of the mechanical components inside the nacelle.

The Critical Components Condition Monitoring, fault detection and instant Alarm System (TripleCMAS) technology provides information based on data collected by 3-axis accelerometer sensors located inside the rotor. Accelerometers are installed inside of the individual wind turbine blades identically. Each sensor is placed the same distance from the centre of rotation, with the sensor axes aligned with the spanwise, flapwise and edgewise axes of the blade.

This alarm system can monitor whether the turbine is in operation or not as well as the rotational speed of the rotor. An acceptable rotational speed threshold will be determined to fit the turbine design characteristics and will be compared against the current operating rotational speed.

The rotor data is sinusoidal; the TripleCMAS algorithm consists in extracting the periods of these sinusoids corresponding to one rotation of the rotor. A close approximation of the rotational speed would be to determine the frequency with the highest amplitude in the Fast Fourier transform of the data.

If the rotational speed exceeds the acceptable rotational speed threshold, the alarm system triggers the necessary warning for the owner to act.

Xavier Tolron, Head of Analysis



A shock detection and trend analysis tool



tgazdic@ventus.group



<https://ventus.group/>

As the wind energy sector moves from preventive inspection towards prescriptive & predictive maintenance, remote structural health monitoring is becoming an increasingly interesting area of development. Shocks are sudden events manifesting in a sudden force on an object. Sudden strikes of the turbine can abruptly damage the blades. Furthermore, continuous periodic shocks in an operating wind turbine can signify a compromised structural integrity of the turbine. Detection of such drastic events experienced by the critical components of a wind turbine is therefore of great interest to wind farm owners as it helps allocate maintenance resources in an informed manner.

We use accelerometers mounted inside operational wind turbine blades to detect shocks invisible to the traditional SCADA systems. Our triaxial sensor data allows a high degree of precision independent of the direction of the exhibited shock. The algorithm works using a statistical threshold independent of the wind turbine and can distinguish between periodic and aperiodic shocks which it describes in its output metrics, such as the number of periodic shocks and mean shock intensity. We first validate the algorithm's functionality on test rig data acquired in a dynamic test during which acoustic cracks were heard and monitored the presence of shocks with increasing intensity throughout the test. We also contrast the algorithm's performance on two operational turbines, one of which is known to contain trapped objects inside a blade. We therefore demonstrated the algorithm's ability to distinguish between a healthy and a compromised turbine. The Ventus shock detection algorithm can thus be used in an alarm system as well as a trend analysis tool.

Tim Gazdic, Data Scientist

6 Digitalización, data analytics, machine learning aplicado a la mejora operativa de los parques

- *Anticiparse a una repotenciación masiva desde el punto de vista del desmontaje y la demolición. AEDED*
- *Del SCADA a la eficiencia operativa a través de técnicas avanzadas de machine learning. Isotrol*
- *InSite, la evolución de una herramienta interna. Baywa r.e.*
- *La información digital de los parques eólicos como base para el Mantenimiento Predictivo inteligente. Sia Aerones Engineering*
- *Machine learning aplicado al filtrado y regeneración de datos de velocidad y dirección del viento. FCirce*
- *Reducción de indisponibilidades con herramientas de ciberseguridad. Fortinet*



Anticiparse a una repotenciación masiva desde el punto de vista del desmontaje y la demolición



enrique@lezama.es



<https://www.aeded.org/>



<https://lezama.es/>

En junio de 2022 se organizó una jornada de trabajo entre la Asociación Empresarial Eólica (AEE) y la Asociación Española de Demolición, Descontaminación, Corte y Perforación (AEDED) de la que se desgranaron una serie de conclusiones que pasamos a resumir:

Primero de todo es importante destacar tener un buen proyecto de desmontaje, desmantelamiento y demolición en el que se realice un estudio exhaustivo de los equipos y materiales que componen el parque eólico de cara a tener la información más completa posible de los residuos que se van a producir en los trabajos de desmantelamiento. Esta parte es fundamental para poder contemplar las posibles alternativas de gestión de dichos residuos. En esta parte toma mucha importancia los requisitos objetivos que las CCAA impongan para que los residuos pierdan dicha condición y puedan ser considerados nuevamente materiales o materias primas.

Desde hace muchos años se vienen mejorando los procesos de segregación de los residuos de construcción y demolición en origen, pero el presente viene marcado por la necesidad de localizar oportunidades o alternativas más sostenibles desde el punto de vista social, medioambiental y económico.

Dentro de los residuos que se desprenden del desmantelamiento de un parque eólico destaca la fibra de vidrio procedente de las palas y de la nacelle. Este residuo, a día de hoy, tiene muy difícil tratamiento; siendo su depósito en vertedero el destino mayoritario y teniendo un coste muy elevado el reciclaje. Se deben dedicar más esfuerzos en fomentar proyectos de I+D+I para buscar reciclar estos residuos y transformarlos en materias primas; evitando con ello su depósito en vertedero.

El certificado Residuo Cero reconoce a aquellas organizaciones que valorizan los distintos residuos que generan, evitando que tengan como destino final la eliminación en vertedero. Una garantía de las empresas que se toman muy en serio la problemática de los residuos y la importancia de dedicar esfuerzos en encontrar el mejor camino para su gestión y no es otro que el Residuo “Cero”.

Por tanto, se puede concluir de forma general que existe una posibilidad de anticiparse a la repotenciación de los PPEE desde el punto de vista del desmontaje utilizando las bonanzas que aporta la economía circular y la Ley de Residuos y Suelos Contaminados para una economía circular.

Enrique Pelluz, Director Desarrollo de Negocio en LEZAMA DEMOLICIONES



Del SCADA a la eficiencia operativa



+34 670 94 57 67



jgfranquelo@isotrol.com



<https://www.isotrol.com/>



ÍNDICE

El objetivo de los gestores de parques es maximizar la rentabilidad de las plantas, principalmente actuando sobre palancas: reducir indisponibilidades, detectar y corregir ineficiencias y optimizar la gestión anticipándose a los problemas antes de que aparezcan.

En el escenario actual de parques más grandes y complejos y en muchos casos con extensión de vida, los SCADAs proporcionan una gran cantidad de información relevante, integrando, sensores e información externa (meteo,...). Sin embargo en la mayoría de los casos la información que tienen los gestores de planta es insuficiente, es decir el gestor necesita emplear una gran cantidad de tiempo para determinar la causa origen de las desviaciones o identificar problemas en su fase temprana.

Se presenta un modelo de extracción, tratamiento y análisis de los datos proporcionados por los SCADAs, haciendo uso de infraestructuras analíticas altamente escalables sobre la plataforma

Google Cloud Computing, proporcionando un marco de análisis de que permite

- Analizar los balances energéticos, identificando el detalle de pérdidas por su causa raíz
- Detección temprana de incidentes con cuantificación de pérdidas
- Anticipación de problemas con el análisis predictivo.

Se presenta el modelo implementado con los siguientes pasos: a) un proceso automatizado de análisis de las señales y las alarmas, reconstruyendo datos perdidos y no válidos, b) orquestación de los algoritmos para su operativa teniendo en cuenta la jerarquía de señales: red, planta, aero, componentes, c) evaluando y clasificando cada punto de operación de los aeros en función de lo que hayan determinado los algoritmos y d) proponiendo una lista de actuaciones priorizadas en base al potencial impacto del problema detectado.

Como casos de éxito se expondrán algunos en los que se ha demostrado su eficacia como es la de detección y cuantificación de pérdidas no evidentes como las limitaciones por temperatura, donde no aparece ninguna señal de alarma o warning que lo indique; se expondrá cómo se consigue a través de entrenamiento de modelos y clasificadores con técnicas de Machine Learning. Otros casos similares como las identificación temprana de incidentes, por ejemplo la detección de problemas de temperatura con antelación se semanas antes de que ocurra la indisponibilidad, o entrando en el predictivo, la detección de patrones anómalos que detecten calentamiento anormal del generador o la multiplicadora.

José García Franquelo, Director de Innovación y Tecnología



InSite, la evolución de una herramienta interna



+34 637 41 89 80



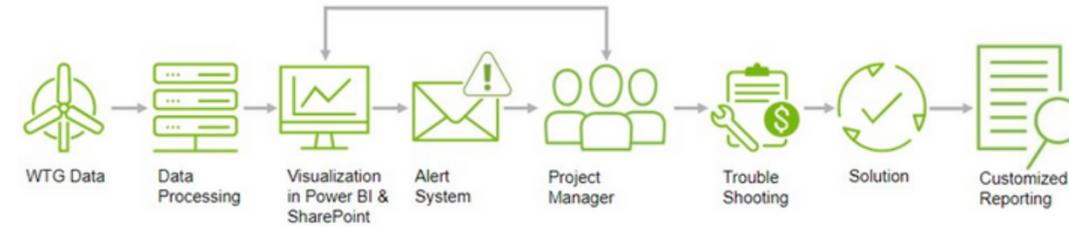
santiago.lopez@baywa-re.com



<https://www.baywa-re.es/es/>



INSITE: DESARROLLO INTERNO DE UNA HERRAMIENTA PARA LA DETECCIÓN DE DESVIACIONES EN EL RENDIMIENTO DE LAS TURBINAS Y MONITOREO AUTOMATIZADO DE LOS REQUISITOS DE LA AUTORIDAD



El desarrollo de software es una característica esencial de la gestión de una empresa. Por lo general, garantiza un aumento de la productividad y la eficiencia con un mínimo esfuerzo una vez implementado. Esto no solo redundará en el propio beneficio de la propia empresa sino también en el de sus clientes finales. Las mejoras implementadas y testadas en los propios parques eólicos son finalmente facilitadas a clientes terceros para su uso y beneficio. InSite crea valor para nuestros activos y proporciona un seguimiento transparente y preciso.

¿QUÉ ES INSITE?

Es un conjunto de herramientas que desde BayWa r.e hemos desarrollado con dos propósitos principales: análisis del rendimiento de las turbinas y monitoreo de los requisitos de la autoridad competente.

¿Cómo es el proceso en InSite? El proceso comienza con los datos operativos de la turbina que se obtienen mediante la API de Greenbyte. Luego, los datos se procesan y almacenan en la nube de Azure. A continuación, se generan reportes en Power BI para agregar valor a los datos y visualizarlos, y finalmente a través de SharePoint ponemos las analíticas a disposición de los diferentes clientes (internos y externos).

¿CÓMO FUNCIONA INSITE?

Cada vez que las herramientas identifican una falla potencial, los diferentes responsables son capaces de verificar y dar una solución a la situación específica. Esto con apoyo de las diferentes funcionalidades que la herramienta pone a disposición de los usuarios.

¿QUÉ FUNCIONALIDADES PRESENTA INSITE?

Entre otras las siguientes: Wind Sector Management, Noise Reduction Analysis, Shadow Shutdowns Analysis, Bat Shutdown Analysis, Performance Monitoring, Site Access, Alert System, Active Maintenance, Reactive Power Monitoring and Customized Reporting.

A resaltar la potencia de la funcionalidad de Alert System con la cual el proceso de monitoreo se transforma completamente en automático, No más controles manuales como en el pasado. Podemos actuar solo cuando es realmente necesario.

¿CÓMO FUNCIONA?

Cuando hay un desencadenante de un evento, se envía una notificación por correo electrónico al administrador del proyecto diariamente. Para ello se ha implementado la funcionalidad del software Microsoft Power Automate.

Finalmente, InSite posibilita la creación de reportes totalmente personalizables. Nuestros clientes solicitan un informe a medida porque existe una necesidad específica.

InSite, se complementa con algunas herramientas más para temas específicos en Alemania, como, por ejemplo: dúo de energía perdida para eventos de redespacho y regulación de tarifas de alimentación TR10. El beneficio directo es la visibilidad de la gestión operativa, un seguimiento claro de los hallazgos y evidencias ante la autoridad competente. Estas funcionalidades pueden ser adaptadas para otros países con regulaciones iguales o similares.

El Desarrollo interno de este tipo de herramientas, liderado por expertos tanto en el ámbito tecnológico como en el de software permite el desarrollo de funcionalidades a medida en todo momento. En BayWa r.e., nuestra manera de entender los problemas diarios es simple: un nuevo requisito necesita de un monitoreo y análisis específicos, InSite nos permite hacerlos realidad.

Santiago López Cambor, Managing Director



La información digital de los parques eólicos como base para el Mantenimiento Predictivo Inteligente



baiba.bitenece@aerones.com



<https://aerones.com/es/>

Las operaciones y el mantenimiento (O&M) representan una parte significativa de los costos asociados a la gestión de un parque eólico. Si el mantenimiento no se realiza correctamente, existe un alto riesgo de que se produzcan daños importantes en las turbinas, lo que provocará tiempos de inactividad y pérdidas considerables. Con un programa de mantenimiento predictivo inteligente que incorpora robótica y un sistema de gemelo digital, las turbinas eólicas pueden funcionar de manera eficiente y a plena capacidad. Los gemelos digitales sirven como una representación virtual de un activo físico en funcionamiento con el fin de evaluar su estado actual, predecir el comportamiento futuro u optimizar el funcionamiento. El monitoreo de las turbinas eólicas es una parte esencial para evitar reparaciones innecesarias al identificar las amenazas que pueden ocurrir en un futuro cercano. El mantenimiento predictivo es la solución ideal para aerogeneradores, ya que involucra algoritmos de aprendizaje automático, simulación y análisis de datos históricos recopilados que permiten planificar O&M. Comprender las fallas más comunes e identificarlas antes de que evolucionen, minimiza la probabilidad de un incidente de tiempo de inactividad. Los operadores eólicos hoy en día utilizan cada vez más robots, sensores inteligentes para obtener información más detallada. Un ejemplo sería escanear el interior de una pala con un vehículo robótico para inspeccionar daños, reparar y recopilar otros datos para crear un gemelo digital de las mismas. Por ejemplo, si se detectara una grieta dentro de la pala, se puede volver a inspeccionar más tarde para observar su progresión y planificar las reparaciones pertinentes. Lo mismo se aplica a la inspección externa de las palas, que ahora se puede realizar sin detener el aerogenerador. Otra parte medular de datos e información que deben verificarse y almacenarse regularmente es la inspección y prueba de los sistemas de protección contra rayos. El reemplazo de una pala dañada por un rayo puede costar veinte veces más que una inspección de un conductor principal. La compañía Aeronés, también está desarrollando sensores que podrán enviar valiosos datos de rendimiento junto con información histórica de inspección. La información es almacenada y analizada en una plataforma de acceso para los clientes. El uso del mantenimiento predictivo de turbinas eólicas ofrece importantes beneficios financieros. Por ejemplo, un proveedor de energía espera obtener \$10 millones en retorno de inversión de un parque eólico durante los próximos 5 años. Se estima que los ahorros solo por la reducción del tiempo de inactividad ascienden a 1,25 millones de dólares por parque eólico. Un aumento del 5% en los ingresos por parque eólico también resultaría de la optimización de la producción anual de energía de las turbinas a través del mantenimiento predictivo. Además, un menor inventario, un menor costo de mano de obra y una mejor eficiencia de mantenimiento reducirán aún más el costo por parque eólico en aproximadamente un 20%.

Baiba Bitenece, Vice Directora Desarrollo Negocios para Latam-España



Machine learning aplicado al filtrado y regeneración de datos de velocidad y dirección del viento



+34 976 976 859



aptalayero@circe.es



<https://aerones.com/es/>

El objetivo del estudio es aplicar técnicas avanzadas de inteligencia artificial, modelos de Machine Learning [1], para mejorar procedimientos tradicionales en tareas tan básicas, pero a la vez indispensables como son el filtrado y la regeneración de los datos de velocidad y dirección utilizados para realizar una evaluación energética [2]. La motivación para desarrollar estos algoritmos surge de la necesidad de re-estudiar proyectos antiguos. Son proyectos que fueron desestimados en su momento pero que con la coyuntura actual puede resultar interesantes o proyectos que fueron construidos, pero se quieren ampliar, repotenciar o hibridar y necesitan una nueva revisión de la información medida en su momento.

Las campañas de medida de estos proyectos tienen características que hacen que sea adecuado la aplicación de nuevas técnicas, se dispone de muchos datos durante un largo periodo de tiempo, porque suele haber varias torres de medición en cada emplazamiento con décadas de medidas, pero la disponibilidad de estos datos es muy baja y la información del montaje de las torres nula. La aplicación de la metodología tradicional y el uso de programas convencionales sobre estos datos implica la dedicación de mucho tiempo y además obtener una gran incertidumbre en el resultado. Sin embargo, al disponer de largos periodos y de muchas torres, es posible trabajar sobre un corto periodo concreto y enseñar a un modelo automático como se debe de filtrar y regenerar, pudiendo así realizar automáticamente la mayor parte del trabajo. Esta metodología no solo supone un ahorro de tiempo, sino que, al ser automático, también garantiza que los criterios de filtrado se realizan de manera homogénea durante todo periodo y torres.

En la WindEurope Bilbao'22, se presentó como la detección de datos meteorológicos anómalos puede mejorarse en estos proyectos utilizando algoritmos de clasificación de aprendizaje automático (pymc3 de Python) [1]. Se ha continuado trabajando en esta línea incluyendo el filtrado de datos y la regeneración de los huecos con funciones de paquetes específicos de R (tidyr, zoo e ImputeTS), y Python (pymc3) aplicado a diferentes modelos de regresión. Los modelos de regresión de aprendizaje automático utilizados para la regeneración de datos son multivariados, permite tener en cuenta diferentes medidas (velocidades, desviación estándar temperaturas...), consiguiendo así un mejor resultado que con las técnicas de correlación entre alturas de medición o entre torres existentes. Para verificar la validez de los modelos los datos reconstruidos se compararán con las mediciones reales de campo aplicando como índice de Kendal o Pearson. Los resultados se mostrarán aplicados a un emplazamiento ejemplo concreto.

Ana Patricia Talayero, Líder del grupo de generación eólica

[1] Campesato O 2020 Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning (Stylus Publishing, LLC)

[2] Beltrán J, Llombart A G J Detection of Nacelle Anemometers Faults in a Wind Farm 2009 International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPO'09)

[3] Talayero, A. P., Yürüşen, N. Y., Ramos, F. J. S., & Gastón, R. L. (2022, April). Machine learning based met data anomaly labelling. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2257, No. 1, p. 012015). IOP Publishing.



Reducción de indisponibilidades con herramientas de ciberseguridad



+34 638 02 61 69



valenciaa@fortinet.com



<https://www.fortinet.com/lat>

En la ponencia se abordará desde un caso práctico -presentación y vídeo sobre maqueta real- cómo herramientas de control de accesos y de control de configuración de equipos de red pueden ayudar en casos reales de intervención en un parque eólico de modo que se optimice el acceso seguro a los equipos pero también la coordinación entre el personal de campo y los responsables en centros de control para la puesta en servicio del equipo averiado. Haremos un breve repaso sobre cómo la integración de capacidades de ciberseguridad en la operación del negocio pueden ayudar a reducir las indisponibilidades del parque generador.

Agustín Valencia Gil-Ortega, Responsable de Negocio OT

7 Repotenciación, mejora de componentes, reciclaje, nuevos materiales, uso de infraestructuras existentes, visión global del sector y economía circular

- *Desmantelamiento de Parques Eólicos. Gestión Integral. GIRA WIND*
- *Fabricación, ensayo y reciclado de una pequeña pala de aerogenerador. CIEMAT*
- *La eólica más imparable que nunca, es la hora del Repowering Circular. ENEL GREEN POWER ESPAÑA*
- *Partial Repowering solutions. Siemens Gamesa*
- *Repotenciación Circular. La segunda vida de los parques eólicos. Surus*



**Desmantelamiento de Parques
Eólicos. Gestión Integral**

Pendiente de validación



Fabricación, ensayo y reciclado de una pequeña pala de aerogenerador



rafael.carnicero@ciemat.es



<https://www.ciemat.es/>

Los materiales compuestos poliméricos reforzados con fibras (FRP), gracias a sus excelentes propiedades, se utilizan en diversos sectores, como la aeronáutica, automoción, construcción o el sector eólico, entre otros. Sin embargo, presentan un importante inconveniente: su reciclado es complejo y costoso. Esto genera una gran cantidad de residuos al final de su vida útil, lo que representa una gran pérdida de recursos y energía, además de un problema medioambiental. El objetivo de este estudio se centra en el desarrollo de las palas del futuro, con materiales que se puedan reciclar y reutilizar sin menoscabar las propiedades de las fibras.

Para llevar a cabo este trabajo, se ha realizado la validación de una nueva resina termoplástica líquida, denominada Akelite, desarrollada y patentada por el grupo de Materiales Compuestos del Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros del CSIC, para la fabricación de pequeñas palas de aerogenerador. Se han realizado diferentes pruebas iniciales a nivel de probeta, y posteriormente se han fabricado varias palas de un pequeño aerogenerador de 1 metro de longitud, usando tanto resinas epoxi como la resina termoplástica Akelite, para estudiar sus características y poder comparar entre ambas resinas.

En el CEDER-CIEMAT se han realizado varios ensayos de acuerdo a las normas IEC 61400-2 e IEC 61400-23, como son ensayo de propiedades y ensayo estático. Además, se ha instalado una pala en un aerogenerador durante 4 meses para ver el comportamiento en campo. Finalmente, se ha reciclado la pala fabricada con resina Akelite, por simple inmersión en un disolvente común a temperatura ambiente durante 24 h, recuperándose todos los componentes de la pala, fibras, adhesivos y resina termoplástica.

Rafael Carnicero Gómez, Técnico Superior de Investigación



Partial repowering solutions



PABLO.MONTORI@siemensgamesa.com



www.siemensgamesa.com



SUMMARY

A significant portion of the worldwide fleet is aging and getting the initial design lifetime and this percentage will increase dramatically in the next 5 years. +35,000 wind turbines in Europe are now 15 years or older, representing 38 GW of capacity. Most of the ageing capacity is in Germany. Spain, France, UK and Italy also have ageing installed fleets, +9 of the 38 GW are 20-24 years old and over 1 GW are 25 years or older. From 2021 to 2028 an average of 4GW turbines per year will safely and profitably extend their operational lifetime. Country regulations are more and more supporting the extension of the operational life and the upgrading of the existing wind farms with specific policies that provide economical incentives to the asset owners. Allowing fast permitting and overlapping FITs they robust their renewable installed fleet attending to EU requirements. Siemens Gamesa developed a wind turbine life-extension program for their technologies backed with O&M service contracts, designed to efficiently and safely prolong the useful life of WTGs beyond that of the original design specifications. SGRE is progressing further offering now a portfolio of technical solutions for aging fleets that would combine repowering of existing turbines and life extension programs to improve the short-mid term return on the investment with H&S state of the art. Our main goal is to give in the 5 to 10 years horizon technical improvements that will revamp the assets and increase their output.

METHOD

A tailor-made program is developed for the existing windfarm giving the owner an accurate figure in terms of investment that match with their expectations. To determining whether a wind project is a strong candidate for partial repowering, we do a deep dive in different parameters such as the wind turbine integrity, capacity of the turbine foundations, the impact of repowering on the plant electrical systems and the condition of the towers. Other important considerations include the energy yield of the repowered wind project, the suitability of the repowered turbines for the site, long-term operations and maintenance costs and permitting impacts. To address these key considerations, SGRE has all capabilities (design authority, operational experience, technical data,...) to go ahead with the best assessment for each windfarm.

RESULTS

SGRE has already successfully deployed the repowering product in different technologies and with different customers worldwide. Currently more solutions are being developed to increase the portfolio of technologies. The solutions deployed include transformation of the electrical configuration of the wind turbine, replacement by bigger rotors, upgraded drive trains to increase the power among others. Together with this, life extension programs have been applied to extend the life time up to 40 years. The solutions can be applied either to the SGRE proprietary technologies but also to other wind turbine manufacturers and depending on the local opportunities provided by the national regulatory frameworks these solutions may range from a complete replacement of the nacelle and rotor to a rotor size increase, maintaining the tower and foundation.

CONCLUSIONS

SGRE has developed the repowering and overhaul product to provide our customers with an end to end solution to improve the profitability of wind farms which are close to the end of their design life. This product includes from the initial engineering assessment until the design, manufacturing and installation of the solution and is complemented with a life extension program to secure the wind farm can operate safely beyond the initial design lifetime. SGRE has both deep technical knowledge and an extensive fleet, SGRE and multibrand, that enables us to offer these solutions with the required level of safety and profit. 5 Learning objectives Partial repowering solutions consists in the upgrade of existing equipment with more advanced and efficient technology to increase energy production, improve reliability at a lower cost and extend the project lifetime. From a BOP perspective, reusing the existing electrical and civil infrastructure, can provide substantial costs savings, but with an exhaustive engineering evaluation that assess the suitability of the existing electrical BOP for the repowered wind turbines and the impact of additional years of operating life on the equipment. The presentation will create an understanding of the product itself and will show the different options available and the portfolio under development. Besides, it will also be described the different steps to deploy successfully this product and some real cases will be presented.

Pablo Montori, Head of Onshore Platforms – Product integrity & Technology



**La eólica más imparable que nunca,
es la hora del Repowering Circular**

Pendiente de validación



Repotenciación Circular La segunda vida de los parques eólicos



jlopez@surusin.com



<https://www.surusin.com/>

En un contexto de crecimiento e innovación del sector eólico a nivel nacional e internacional, donde la primera generación de parques eólicos ha llegado ya al fin de su vida operativa (que no útil) y donde la sustitución de los antiguos equipos esta ya programada, hay que buscar soluciones innovadoras y sostenibles a una realidad que si no generará más de 500.000 kilos de residuos en los próximos años.

Con el vertedero como última alternativa, hablamos de más de 7000 equipos a disposición del mercado que han llegado al fin de su vida operativa pero no al final de vida útil que pueden formar parte del mercado de repuestos, de una alternativa para micro parques o incluso ser la herramienta de entrada en nuevos mercados.

Alineados con los principios de sostenibilidad y circularidad un proceso de repotenciación debe establecer que el reemplazo sea su principal prioridad, y la generación de residuos, el último recurso.

Una desimplantación circular, basada en los principios de la economía circular ofrece claras ventajas y resultados medibles y contrastables como el CO2 Evitado, el Impacto en Huella hídrica, el Impacto en la demanda de energía, el Impacto en los ODS, las toneladas de residuos no generados y un retorno superior al valor de composición de los equipos. Es el beneficio circular del efecto <<-re-empelo>> aplicado a un proyecto de repotenciación.

Jorge López Cruz, Responsable Sostenibilidad

8 El necesario respeto por el medio ambiente. Soluciones

- *Aerogeneradores marinos: Estructuras con potencial impacto ambiental positivo. Aracnocóptero*
- *Caracterización de la erosión de borde de pala mediante machine learning. Alerion*
- *Problemas con murciélagos en parques eólicos y cómo evitarlos. NRG Systems EMEA*
- *Renovables y biodiversidad: el plan Convive de Iberdrola. Iberdrola*
- *Sistemas automáticos de detección de aves y parada de aerogeneradores. Zefiro Partners*



Aerogeneradores marinos Estructuras con potencial impacto ambiental positivo



carlos@aracnocoóptero.com



www.aracnocoóptero.com

El asentamiento de las nuevas tecnologías de aerogeneradores flotantes, empujadas predominantemente desde España, suponen una nueva frontera para la producción de energía renovable de alto rendimiento. Sin embargo, existe una fuerte oposición actual a su implantación, originada desde sectores pesqueros y ambientalistas. El fundamento de base es el hecho de que, con carácter general, las grandes infraestructuras relacionadas con la producción de energía, generan un impacto ambiental negativo en el ecosistema en el que se ubican, incluso en el caso de aquellas destinadas a la producción renovable. Los océanos se ven actualmente afectados por procesos ligados a la contaminación, el aumento de temperatura del agua o la sobreexplotación de sus recursos. Esto lleva a una visión muy conservacionista sobre la gestión de este entorno, que sin embargo resta de ser eficiente, a tenor de los problemas enunciados. Sin embargo, los parques offshore pueden con el proceder adecuado contribuir también al sostén de la biodiversidad y la potenciación de los recursos marinos, transformándose en las primeras infraestructuras de producción energética con un impacto ambiental positivo en el ecosistema en el que se ubican. Los fondos arenosos sobre los que suelen ubicarse muchos proyectos offshore suelen ser áreas con una baja productividad piscícola. Con el foco de lograr el impacto ambiental y social objetivamente positivos, analizaremos como reenfoque el impacto ambiental de estos proyectos minimizando la emisión de CO2 y perturbaciones al ecosistema marino al diseñar procedimientos basados en la autodetección de problemas que reduzcan al mínimo el flujo de embarcaciones de mantenimiento y reenfoquemos la repercusión de la infraestructura en su bioma mediante el concepto de arrecife artificial. La correcta potenciación del efecto arrecife en el entorno creará un punto de refugio y cría de fauna marina. La distribución típica de turbinas, permite una intervención de bajo coste para potenciar el efecto arrecife en mosaico; una estructura marina capaz de albergar potencialmente una notable biodiversidad. Revisaremos el marco normativo, experiencias internacionales, tecnologías y procedimientos probados para la generación de masa de arrecife artificial inducida a través de la fijación de iones del agua marina, emulando a los corales, empleando excedentes puntuales de producción eléctrica. Analizaremos la potenciación de reservorios de cría de especies marinas bajo explotación comerciales, que acrecienten, no solo la biodiversidad, sino también la riqueza piscícola gestionable del entorno.

Carlos Bernabéu, Director

ALERION

Caracterización de la erosión



oier@aleriontec.com



<https://aleriontec.com/>

El asentamiento de las nuevas tecnologías de aerogeneradores flotantes, empujadas predominantemente desde España, suponen una nueva frontera para la producción de energía renovable de alto rendimiento. Sin embargo, existe una fuerte oposición actual a su implantación, originada desde sectores pesqueros y ambientalistas. El fundamento de base es el hecho de que, con carácter general, las grandes infraestructuras relacionadas con la producción de energía, generan un impacto ambiental negativo en el ecosistema en el que se ubican, incluso en el caso de aquellas destinadas a la producción renovable. Los océanos se ven actualmente afectados por procesos ligados a la contaminación, el aumento de temperatura del agua o la sobreexplotación de sus recursos. Esto lleva a una visión muy conservacionista sobre la gestión de este entorno, que sin embargo resta de ser eficiente, a tenor de los problemas enunciados. Sin embargo, los parques offshore pueden con el proceder adecuado contribuir también al sostén de la biodiversidad y la potenciación de los recursos marinos, transformándose en las primeras infraestructuras de producción energética con un impacto ambiental positivo en el ecosistema en el que se ubican. Los fondos arenosos sobre los que suelen ubicarse muchos proyectos offshore suelen ser áreas con una baja productividad piscícola. Con el foco de lograr el impacto ambiental y social objetivamente positivos, analizaremos como reenfoque el impacto ambiental de estos proyectos minimizando la emisión de CO2 y perturbaciones al ecosistema marino al diseñar procedimientos basados en la autodetección de problemas que reduzcan al mínimo el flujo de embarcaciones de mantenimiento y reenfocaremos la repercusión de la infraestructura en su bioma mediante el concepto de arrecife artificial. La correcta potenciación del efecto arrecife en el entorno creará un punto de refugio y cría de fauna marina. La distribución típica de turbinas, permite una intervención de bajo coste para potenciar el efecto arrecife en mosaico; una estructura marina capaz de albergar potencialmente una notable biodiversidad. Revisaremos el marco normativo, experiencias internacionales, tecnologías y procedimientos probados para la generación de masa de arrecife artificial inducida a través de la fijación de iones del agua marina, emulando a los corales, empleando excedentes puntuales de producción eléctrica. Analizaremos la potenciación de reservorios de cría de especies marinas bajo explotación comerciales, que acrecienten, no solo la biodiversidad, sino también la riqueza piscícola gestionable del entorno.

Oier Peñagaricano Muñoa, CEO y Fundador



Problemas con murciélagos en parques eólicos y cómo evitarlos



mario.lopez@albitel.com



<https://www.nrgsystems.com/>

Pendiente de validación



Energías renovables y naturaleza pueden vivir en armonía



<https://www.iberdrola.com/>



La semana pasada se celebró en Madrid un congreso sobre energía eólica en el que Iberdrola expuso su “Programa Convive” para integrar naturaleza y territorio con energías renovables, avanzando no sólo hacia la descarbonización del planeta sino también a la consecución de objetivos de preservar al máximo el mundo natural. Recientemente la Organización Meteorológica Mundial ha dado a conocer un informe en el que se deja claro que “los países deben triplicar la inversión en energías renovables” para luchar contra el cambio climático, por lo que estos asuntos tienen más actualidad y necesidad nunca.

Cambio climático y pérdida de biodiversidad encabezan desde hace varios años la lista de riesgos globales, a los que se suma la crisis energética. Tres crisis globales, estrechamente interconectadas y con gravísimos impactos. Tres crisis con una solución común: las energías renovables.

“Sin renovables, no puede haber futuro”. Así concluyó recientemente António Guterres su llamamiento a acelerar su despliegue y con él mantener la esperanza de alcanzar un escenario compatible con el objetivo del Acuerdo de París de limitar el aumento de la temperatura a 1.5oC.

Que la solución a la crisis climática pasa por la eficiencia energética y el despliegue de energías renovables, es algo comúnmente aceptado. Las energías renovables y especialmente la eólica y la solar fotovoltaica son tecnologías maduras, competitivas y disponibles a gran escala en casi todos los países. Son una palanca clave en la descarbonización y un eje claro de actuación, especialmente para los años que restan de esta década. Las renovables son también fuente de competitividad industrial, empleo, crecimiento económico y seguridad energética.

Sin embargo, si en este crecimiento no tuviéramos en cuenta la crisis global de la biodiversidad, lo estaríamos haciendo mal. La biodiversidad y los ecosistemas se encuentran bajo niveles de presión límite. El cambio climático es la tercera causa de pérdida de biodiversidad tras el cambio en el uso del suelo y la sobreexplotación. Por otro lado, la biodiversidad y los ecosistemas regulan el clima, son sumideros naturales de carbono y proporcionan también barreras naturales ante impactos del cambio climático pero su deterioro anula esta contribución para hacer frente al cambio climático.

A este punto de partida, hay que añadir la ambición en los objetivos para los próximos 7 años. En España, el Plan Nacional de Energía y Clima establece un objetivo a 2030 para alcanzar los 86 GW en eólica y solar fotovoltaica, un crecimiento medio anual de 5 GW en esta década. Un reflejo del reto que supone la transformación de modelo que queremos hacer. Un crecimiento que no debemos frenar, ya que todo retraso en la descarbonización supone acercarnos a los peores escenarios de cambio climático. Pero, a la vez, un crecimiento que pasa por la contribución a la biodiversidad, siendo España además uno de los países con mayor diversidad biológica de Europa, y por atender las necesidades socioeconómicas de los territorios donde se instalan las plantas. Y así se refleja en el Pacto de Glasgow por el Clima al término de la COP26, que subraya la importancia de proteger, conservar y restaurar la naturaleza y los ecosistemas para alcanzar el objetivo de temperatura del Acuerdo de París, y de preservar al mismo tiempo las salvaguardias sociales y medioambientales.

Ante esta situación, es fundamental reforzar todos los mecanismos ya existentes para mitigar los impactos ambientales y trabajar en la contribución al desarrollo socioeconómico local. Para ello, y para lograr resultados al ritmo necesario, la colaboración entre agentes es un elemento clave.

En Iberdrola, hemos puesto en marcha el programa Convive. Un programa de mejora continua que, con estos objetivos, integra acciones concretas para cada proyecto y su localización, así como, acciones de carácter global. Acciones como por ejemplo la investigación de la evolución de la biodiversidad en nuevas plantas fotovoltaicas, el desarrollo de nuevos modelos de negocio en agrovoltaica, el desarrollo y prueba de nuevas tecnologías para la detección temprana y gestión de situaciones de riesgo, el impulso al tejido industrial local facilitando desarrollo de capacidades en la cadena de valor, programas de formación, o las iniciativas para la compatibilización con la actividad económica local y para la contribución directa a la comunidad.

En definitiva, diálogo y colaboración con distintos grupos de interés y agentes para avanzar en todos los frentes. Porque la transición energética es el camino, no solo para abordar la crisis climática, sino también para avanzar hacia un modelo más sostenible con el planeta y con las personas.

Marta Martínez, Responsable de Análisis y Proyectos Especiales / Dirección de Cambio Climático y Alianzas



Sistemas automáticos de detección de aves y parada de aerogeneradores



+34 679 441 786



jon.dominguez@gmail.com



<http://zefiropartners.com/>

La eólica es una fuente energética renovable con una menor huella ambiental que las energías convencionales, si bien no está exenta de influencias sobre el medio ambiente. Uno de sus principales y más conocidos impactos es la mortalidad de aves provocada por las infraestructuras asociadas, principalmente aerogeneradores.

Para dar respuesta a esta problemática, en las últimas décadas se han desarrollado distintas estrategias de mitigación de la mortalidad que se aplican en las diferentes fases de los proyectos, desde la planificación y diseño hasta la de operación o desmantelamiento. Una de las que mejor está funcionando, es la parada selectiva de aerogeneradores en situaciones en las que el ave vuela tan cerca del área del rotor que se considera que hay riesgo inminente de colisión. Esta técnica, diseñada inicialmente para ser ejecutada por operarios humanos, consiste en disponer una red de observadores capaz de cubrir los aerogeneradores durante todas las horas de luz, e identificar los vuelos de riesgo de las especies objetivo para detener los aerogeneradores en caso de necesidad.

Siguiendo los fundamentos de este método y a la estela del desarrollo de los algoritmos de reconocimiento de imágenes, la inteligencia artificial y las unidades de procesamiento gráfico, surgen los sistemas ópticos de parada y activación automática de aerogeneradores. Basados en tecnología óptica monoscópica o estereoscópica -en los más desarrollados-, tienen como objetivo optimizar las paradas de las turbinas, sustituyendo y mejorando el rendimiento de los observadores humanos, al mismo tiempo que reducen las colisiones y minimizan la pérdida de producción. Su función es detectar de forma automática los movimientos de las aves en el entorno de los aerogeneradores y determinar, considerando el tipo de especie y el riesgo de colisión que representa su vuelo, si es conveniente o no su parada.

La ponencia tiene como objetivo presentar estos sistemas de gestión de impactos dentro del contexto eólico español, explicando su modo de funcionamiento y cualidades a través del modelo que mejores resultados ha demostrado en la actualidad: IdentiFlight.

Jon Domínguez del Valle, Asesor científico

LIBRO RECOPILATORIO

Publicación de la Edición 2022
Análisis Operativo de Parques eólicos AEE: Abstracts



**La Asociación Empresarial Eólica (AEE) es la voz del sector eólico en España.
Con más de 300 empresas asociadas, representa a más del 90% del sector en España.**

Contacto:
Asociación Empresarial Eólica
C/ Orense 34, 28020 Madrid
+34 917 45 12 76