

JORNADA ANÁLISIS OPERATIVO DE PARQUES EÓLICOS

#SomosEólicos #OperativaEólica

1

Este resumen tiene como objetivo dar una idea esquemática de lo que se ha tratado en cada sesión, y no traslada el contenido íntegro de la misma

SESIÓN 1. LA OPERACIÓN FUTURA DE LOS PARQUES EÓLICOS TRAS EL BLACK-OUT: EL CONTROL DE TENSIÓN EN TIEMPO REAL, SERVICIOS DE BALANCE

La primera sesión, moderada por **José Luis Rodríguez Amenedo (Universidad Carlos III de Madrid)**, contó con la participación de **David Cáceres (Power Factors)**, **Noemi Galán (RWE)**, **José Montero (Green Power Monitor)** y **Santiago Blanco (Wind to Market)**.

En esta mesa se analizó la capacidad de los parques eólicos para adaptarse a los nuevos requerimientos del sistema eléctrico. Los principales puntos que se trataron fueron:

- La respuesta de las instalaciones a los nuevos servicios remunerados y obligatorios.
- La importancia de las plantas híbridas para satisfacer las necesidades de operación del sistema.
- La gestión coordinada del control de planta en proyectos multitecnología frente a las consignas del Operador del Sistema.

La transición energética está transformando radicalmente el modelo de generación eléctrica. En 2014, la generación convencional y renovable estaban equilibradas, pero tan sólo una década después la capacidad instalada renovable alcanzó los 4.448 GW. Para 2030 se espera alcanzar los 11 TW renovables, lo que implicaría un desplazamiento de la generación síncrona hacia sistemas distribuidos con menor inercia y potencia de cortocircuito, planteando nuevos retos técnicos y operativos.

Desde Power Factors abordó cómo **maximizar el valor de los activos eólicos** mediante la hibridación tecnológica, el control energético (EMS) y las *Virtual Power Plants* (VPP). Frente a precios más bajos, aumento de vertidos y congestión de red, se proponen soluciones que permiten **ahorrar hasta 40 GWh/año de energía renovable**, que de otro modo se perdería. Las VPP requieren monitorización constante de activos, predicción de producción y gestión de baterías para absorber excesos.

Además, RWE destacó la necesidad de cumplir consignas de REE en tiempo real, especialmente en nudos mancomunados. Las baterías están destacando en este aspecto, además de la presencia de servicios auxiliares como los de regulación secundaria y terciaria. Próximamente, se prevé la creación de **mercados específicos** para estos servicios, siguiendo ejemplos de países como Reino Unido, Irlanda y los nórdicos, donde ya se aplican tecnologías como *grid forming*, inercia sintética y *fast frequency response*.

2

Green Power Monitor presentó soluciones SCADA y PPC adaptadas a cada tecnología, entre otros, con enfoque en el **cumplimiento de códigos de red**. En configuraciones de **co-location**, se utilizan **PPC híbridos** o maestros para corregir pérdidas. Las conclusiones apuntan a que cada solución debe ajustarse al código de red, la tecnología más lenta condiciona la regulación global, y aunque la tendencia es creciente, en España aún hay poca presencia.

Finalmente, Wind to Market explicó los servicios gestionados por el operador del sistema según la circular 3/2019 de la CNMC. El nuevo mecanismo SRS para la regulación secundaria (aFRR) permite separar ofertas de capacidad de subida y bajada, con un enfoque competitivo. La hibridación con baterías mejora el cumplimiento y reduce vertidos, aunque persiste la incertidumbre en la evolución de precios.

SESIÓN 2. LOS REQUISITOS QUE VIENEN PARA LOS NUEVOS AEROGENERADORES. ANTE ESQUEMAS DE MAYOR ESTRÉS ¿CAMBIOS DE INTENSIDAD OPERACIONAL CADA 15'? ¿SIGUE SIENDO VÁLIDO EL CONCEPTO DE DISEÑO Y CERTIFICACIÓN ACTUALES?

Moderada por **Juan de Dios López Leiva (Asociación Empresarial Eólica)**, esta sesión reunió a **Belén Díaz-Guerra (REE)**, **Iñigo Luna (Naturgy)** e **Ignacio León (Vestas)** para debatir sobre los desafíos tecnológicos y normativos de los aerogeneradores.

Los temas centrales del debate incluyeron:

- Los nuevos requisitos técnicos para aerogeneradores y parques eólicos, impulsados por la progresiva sustitución de la generación síncrona.
- La adaptación de los procedimientos de certificación como respuesta a códigos de red más exigentes.
- La problemática de la interacción entre plantas con diferentes códigos y antigüedades.

La sesión 2 giró en torno a los **desafíos técnicos y regulatorios** que afrontan los parques eólicos en un contexto de transición energética acelerada. Por un lado, el sistema eléctrico español necesita integrar de forma segura el crecimiento de las energías renovables, lo que exige **códigos de red y procedimientos de operación más exigentes**. Por otro, la interconexión con el mercado europeo obliga a alinearse con la normativa comunitaria, en especial con el Reglamento de Generadores (RfG2). Sin embargo, pese a que este marco está parado a nivel europeo, Red Eléctrica de España

(REE) ha manifestado su intención de dar un paso adelante con una normativa propia que cubra vacíos actuales como el cumplimiento del hueco de tensión, la regulación del almacenamiento y las nuevas condiciones de acceso a la red.

Desde la perspectiva de los operadores, este escenario genera incertidumbre. Coinciden en que la única forma de resolverla es mediante **un plan de infraestructuras ambicioso que supere las limitaciones técnicas actuales y facilite la conexión de nueva capacidad renovable**. Por su parte, los tecnólogos y fabricantes subrayan la importancia de que los requisitos se homogeneicen con los europeos y que se reconozca la diversidad de la flota ya existente, estableciendo distintos grados de participación en función de la antigüedad y capacidades de las instalaciones.

REE, en línea con estas demandas, anunció que ya ha lanzado a consulta pública su plan de infraestructuras de red. Además, adelantó que, aunque España irá más allá de la normativa europea, el desarrollo se basará en lo trabajado en los grupos de colaboración entre operadores, tecnólogos y la propia REE, un foro valorado por todos como **ejemplo de cooperación** y la mejor forma de **diseñar requisitos consensuados**.

En cuanto al diseño de los parques eólicos, se apuesta por **instalaciones cada vez más flexibles, con módulos preparados para adaptarse a cambios normativos y tecnológicos**. Los fabricantes advierten, sin embargo, que esta mayor complejidad funcional implicará también nuevas exigencias de mantenimiento y de formación técnica, para garantizar que los requisitos se cumplen sin errores.

El debate concluyó con una primicia relevante: REE publicará antes de final de año una **guía nacional sobre grid forming**, situando a España como país pionero en Europa en este ámbito. Esta tecnología, llamada a ser clave en la estabilidad del sistema eléctrico, marcará un hito en la evolución de la generación renovable.

ESPACIO IA. LA IA APLICADA A LA OPERACIÓN DE PARQUES EÓLICOS

Bajo la moderación de **Rafael Gómez Bachiller (ENGIE)**, este espacio contó con expertos como **Nagore Guarretxena (Skyspecs)**, **Andrea Bilbao (Turbit)**, **Juan Manuel González (TSR Wind)**, **Jorge Acedo (Ingeteam)** y **Peio Oria (Tescnor)**.

La sesión se centró en el impacto de la **inteligencia artificial en la optimización de la operación y el mantenimiento de los parques eólicos**, y se abordaron los siguientes aspectos:

- Técnicas para la detección y el análisis de las causas raíz de los fallos en los equipos.
- Sistemas para la clasificación de daños según su nivel de gravedad.
- El uso de algoritmos generativos en aplicaciones operativas.
- El desarrollo de centros de control avanzados basados en IA.

La Inteligencia Artificial es una aliada fundamental para el sector eólico de cara a afrontar los retos que supone la operación y mantenimiento de aerogeneradores, los riesgos ambientales que afectan tanto a los parques como a los trabajadores.

Gracias a la enorme cantidad de datos almacenados a lo largo de la vida de los millones de aerogeneradores instalados a nivel mundial, es posible desarrollar modelos basados en IA que, mediante análisis de imágenes o datos de frecuencia, temperatura permiten detectar anomalías en el funcionamiento de la máquina y **anticipar fallos en los componentes o acelerar la detección y clasificación de fallos en palas o torres**. Todo esto, permite minimizar los tiempos de parada de máquina y los costes de reparación o sustitución de equipos.

Además de minimizar costes de reparación o mantenimiento, los modelos de IA también optimizan los flujos de trabajo, mejoran la trazabilidad de incidencias, facilitan los análisis de causa raíz, mejoran la interacción con los datos o minimizan los errores en la detección de fallos.

4

SESIÓN 4. MONITORIZACIÓN DE SUBSISTEMAS. GENERADORES, TRANSMISIÓN MECÁNICA Y PALAS

Jesús Blasco (Siemens Gamesa) moderó esta mesa técnica junto a **Wolfgang Losert (EOLO TEC)**, **Fernando Tajuelo (GDES Wind)**, **Clément Jacquet (EPRI)** y **Jorge Alarcón (Bureau Veritas)**.

El debate se enfocó en las últimas innovaciones para la supervisión y diagnóstico de los componentes críticos de los aerogeneradores. Se trataron los siguientes temas:

- Nuevos métodos de inspección y seguimiento de potenciales daños.
- El uso de modelos de simulación para la determinación de fallos en el generador y la transmisión mecánica.
- El análisis de la correlación entre datos operacionales y la aparición de daños en los distintos componentes.

La **detección temprana de los fallos en los componentes** es fundamental para minimizar los costes de reparación de los componentes del aerogenerador. Una vez se produce un daño crítico, los costes de reparación se disparan, pudiendo llegar a ser necesaria la sustitución del componente. Durante la sesión, se analizaron algunas de las metodologías más avanzadas para la monitorización de los principales componentes del aerogenerador.

Mediante modelos de **análisis térmico y monitorización en tiempo real**, se pueden anticipar fallos en el generador y corregir la planificación del mantenimiento de componentes para aumentar la vida útil de las máquinas. Del mismo modo, el **análisis de la grasa del rodamiento principal**, la **monitorización y detección de pequeñas grietas**, son ejemplos de procedimientos de supervisión que permiten predecir fallos antes de que ocurran y conocer la vida remanente del componente.

Los últimos desarrollos técnicos han supuesto una revolución en la **monitorización del estado de las palas**, donde los drones, los ROVs, y la inteligencia artificial, permiten minimizar enormemente

los tiempos, costes, riesgos para los trabajadores y, además, mejorar la calidad de los datos obtenidos respecto a los métodos de supervisión de las palas basados en reconocimiento visual.

SESIÓN 5. INFLUENCIA EN LA OPERACIÓN DE LOS PARQUES EÓLICOS DEL MEDIOAMBIENTE Y LA AVIFAUNA

5

Esta sesión fue moderada por **Cristina Mora Figueroa (EDPR)** y contó con las intervenciones de **Yadiro Otero (3E)**, **Miguel Ángel López (SOLUTE)** y **Javier Lainez (Iberdrola)**.

Se analizó cómo los factores ambientales y la protección de la fauna impactan en la operación de los parques, con especial atención a:

- La influencia de las condiciones ambientales y del entorno en la pérdida de eficiencia de las instalaciones.
- Los sistemas de mejora para la detección de aves y quirópteros.
- Las nuevas herramientas disponibles para la identificación y el seguimiento de factores ambientales.

La quinta sesión abordó dos aspectos críticos que afectan la operación de los parques eólicos: la **degradación del rendimiento de los aerogeneradores** y los **retos en la protección de la avifauna**.

Un estudio (3E) basado en datos brutos de producción de 37 parques eólicos analizando 5 OEMs mostró que **el desgaste en componentes**, como la multiplicadora, el generador y las palas, varía según el fabricante y el entorno del parque. Los resultados también concluyen que los sistemas *direct drive* presentan menor degradación, mientras que los parques en zonas industriales y agrícolas sufren más deterioro. **Estas pérdidas, mayores a las habitualmente asumidas**, afectan la valoración de proyectos de repotenciación, ya que los datos históricos pueden subestimar el problema.

En cuanto a la avifauna, se presentaron **sistemas de protección** aún en fase de optimización (SOLUTE), que combinan cámaras de alta resolución e inteligencia artificial para detectar y disuadir aves. También se analizó el uso de radares, aunque su coste y mantenimiento son elevados. Por otro lado, se discutieron configuraciones de cámaras y sus limitaciones de aplicación técnica, como la resolución, el campo de visión y la precisión en la estimación de distancias.

Aunque se están desarrollando **medidas complementarias** para evitar estas colisiones como la gestión de muladares, granjas cercanas y sistemas específicos para quirópteros, se destacó que **sólo el 3,74 % de las muertes no naturales de aves se deben a colisiones con aerogeneradores**.

Pese a la percepción común sobre el impacto de los parques eólicos en la avifauna, se destaca el trabajo desde el sector eólico en la protección y consideración de la avifauna, por lo que se cuestiona la proporcionalidad de las **sanciones** contempladas en el Protocolo de aerogeneradores conflictivos, que podrían alcanzar **hasta 1.650.000 €/MW** tras una tercera colisión, comprometiendo incluso la continuidad operativa de ciertas turbinas.

SESIÓN 6. REPOTENCIACIÓN, RECICLAJE Y REACONDICIONAMIENTO DE COMPONENTES

Jaime Núñez (FE Energy) moderó el debate sobre la segunda vida de los parques eólicos, en el que participaron **Isabel González (Spares in Motion)**, **Asier Olcoz (UL Solutions)**, **Jesús Navarro (DNV)**, **Nelson Burgueño (Hitachi)** y **Roberto López (GES)**.

6

La sesión abordó los aspectos clave de la economía circular en el sector eólico, incluyendo:

- Las implicaciones de la reutilización de componentes en la vida útil y el rendimiento de los parques.
- Los efectos en la operación derivados del uso de equipos reacondicionados.
- Los elementos técnicos, regulatorios y económicos a tener en cuenta en la repotenciación de parques eólicos.

Desde Spares in Motion se puso el foco en el **reacondicionamiento como alternativa real frente a la obsolescencia**. Aunque aún existen barreras importantes —procedimientos, sistemas de control, falta de conocimiento técnico y procesos de homologación—, los beneficios son muy claros: se pueden alcanzar ahorros de entre el 40 y el 60% respecto a componentes nuevos, con plazos de entrega más cortos que mejoran la disponibilidad de equipos. Una práctica que, además, gana peso en un contexto en el que la industria busca **optimizar recursos y asegurar el suministro**.

Desde UL Solutions, se habló de la **extensión de vida de los parques**, explicando cómo, a partir de modelos digitales de viento y aerodinámica, se puede estimar con precisión la vida útil restante de un activo. Con esta metodología se ha conseguido que numerosos parques puedan seguir operando de forma segura hasta cumplir la vida útil inicialmente prevista, generando valor sin necesidad de sustituir equipos de inmediato.

Por su parte, DNV destacó que la repotenciación continúa siendo uno de los grandes desafíos, especialmente por la **complejidad de los trámites administrativos**. Subrayaron que no se trata solo de instalar aerogeneradores nuevos, sino de rediseñar los parques para aprovechar mejor el recurso, teniendo en cuenta capas de información SIG, núcleos urbanos cercanos, restricciones medioambientales (como las relativas a la avifauna) y criterios de planificación territorial.

Desde Hitachi, se presentó una **solución innovadora para los problemas de conexión a red** en emplazamientos con limitaciones de espacio. Su propuesta es un modelo híbrido que combina una subestación tradicional con tecnología GIS, ofreciendo una alternativa flexible y eficiente en proyectos donde las infraestructuras existentes no permiten ampliaciones convencionales.

Finalmente, GES compartió su **experiencia en la repotenciación del parque eólico de Muel**, en Aragón, uno de los pioneros de la región. El proyecto se enfrentó a retos importantes como el desmontaje de máquinas con más de 26 años de operación y la necesidad de coordinar al detalle el desmantelamiento, el montaje y la puesta en marcha de los nuevos aerogeneradores para minimizar los plazos. Como conclusión, subrayaron la importancia de **reforzar la cadena de valor en materia de repotenciación, reciclaje y reutilización de componentes**, además de afrontar el **reto social** que implican estas transformaciones en los territorios.

SESIÓN 7. MEJORAS EN LA OPERATIVA, LOGÍSTICA Y SEGURIDAD (SAFETY & CYBERSECURITY)

La última sesión del día, moderada por **Daniel Fernández (DEKRA)**, contó con la presencia de **Carlos Bernabeu (Arborea Intellbird)**, **Jaime Nicolás Cuadriello (Quibac)**, **Enrique Redondo (INCIBE)** y **Jose Manuel Alonso (DEIF)**.

7

Se trataron los avances y retos en la optimización de procesos y la seguridad integral de los parques eólicos. Los puntos que se debatieron fueron:

- Soluciones innovadoras para el seguimiento del transporte y montaje de grandes componentes.
- Estrategias para la mejora de la producción en parques que ya están en funcionamiento.
- Las implicaciones de los cambios normativos en la configuración y la seguridad física y cibernética de los parques.

Trazabilidad y seguridad en la logística de grandes componentes: Carlos Bernabeu, de **Arborea Intellbird**, abrió la sesión exponiendo los enormes desafíos logísticos y los riesgos asociados al transporte de palas de aerogeneradores. Un impacto no detectado durante el traslado puede generar daños internos que comprometan la integridad estructural de la pala una vez instalada. Para mitigar este riesgo, presentó una solución de **monitorización inspirada en blockchain**, que utiliza un dispositivo adherido a la pala. Este registra de forma inmutable la posición y cualquier impacto, generando alertas en tiempo real que permiten tomar decisiones informadas, como realizar una inspección o devolver el componente antes de su montaje.

Monitorización predictiva de sistemas de puesta a tierra: Jaime Nicolás Cuadriello, de **Quibac**, destacó la criticidad de los sistemas de puesta a tierra, que garantizan la operación de los servicios, dan estabilidad a la red y derivan corrientes de defecto de forma segura. Subrayó la necesidad de ir más allá del mantenimiento correctivo o preventivo, apostando por un **mantenimiento predictivo** gracias a la monitorización remota. Su propuesta se basó en un sistema de telemedida que supervisa la impedancia en tiempo real y en un "gemelo óhmico digital" que, mediante IA, predice el comportamiento del sistema para **anticipar fallos, optimizando costes y reduciendo riesgos**.

Ciberseguridad y el impacto de la Directiva NIS2: Enrique Redondo, de **INCIBE**, el Instituto Nacional de Ciberseguridad, ofreció una visión detallada del panorama de la ciberseguridad, informando de **97.348 incidentes** gestionados y **183.851 sistemas vulnerables** detectados durante el año 2024. El sector energético solamente ha registrado aproximadamente el 8% de esos incidentes. El foco principal de su intervención fue la nueva **Directiva NIS2** de la Comisión Europea, diseñada para elevar el nivel de ciberseguridad en todos los estados miembros y evitar el "eslabón más débil". Explicó que el sector energético es uno de los sectores críticos recogidos y que la directiva obliga a las empresas a clasificarse como **"esenciales" o "importantes"**. Esta distinción determina el nivel de exigencia en la notificación de incidentes y las sanciones, que pueden alcanzar los **10 millones de euros** para las entidades esenciales y los 7 millones para las importantes. También destacó el papel del foro de colaboración **ES-ISAC Energía**, en el que la Asociación Empresarial Eólica (AEE) participa activamente para intercambiar información y detectar necesidades en el sector.

Optimización de la operativa mediante retrofit de controladores: Finalmente, José Manuel Alonso, de **DEIF**, explicó el proceso de actualización (retrofit) de los controladores de aerogeneradores mediante ingeniería inversa. Detalló las razones por las que los propietarios de activos optan por sustituir el controlador original por una solución abierta como la de DEIF, entre las que destacan: conseguir una **gestión independiente de los activos** sin depender del fabricante, mejorar el **rendimiento técnico y económico** del proyecto, facilitar la gestión de parques en **extensión de vida**, obtener soporte para proyectos singulares y asegurar el **cumplimiento de los requisitos de red** más exigentes.