



Experiencias Reales en Revamping, reutilización de componentes aerogeneradores y su impacto en la vida de los componentes estructurales.

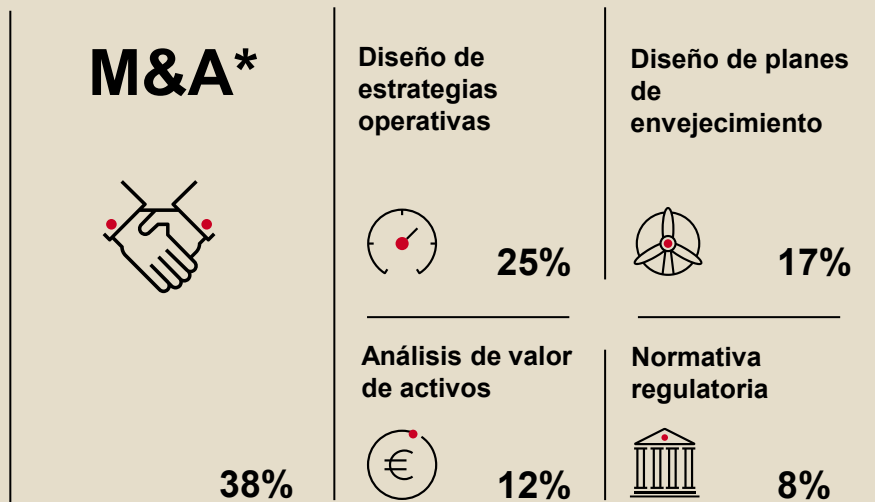
Asier Olcoz, Lifetime Extension Global Leader Senior
Project Engineer manager, Asset Advisory
Octubre 2025



Agenda

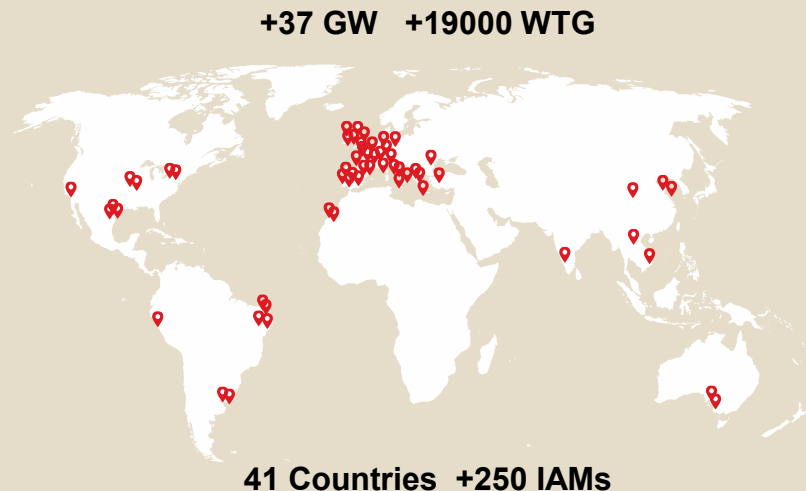
- ¿Cuándo hacer un estudio de extensión de vida?
- ¿Cómo se calcula la vida útil remanente?
- Introducción: casos objeto de estudio
- Casos real
- Conclusiones

¿Cuándo se hace un estudio de extensión de vida?



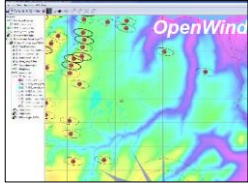
*Mergers and acquisitions

- **M&A** – Reducción de riesgos en operación de compra-venta con una valoración precisa de vida remanente y producción
- **Análisis de valor de activos**– Revalorización de activos
- **Normativa** – Para cumplir con los requisitos legales locales



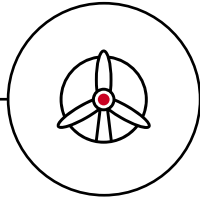
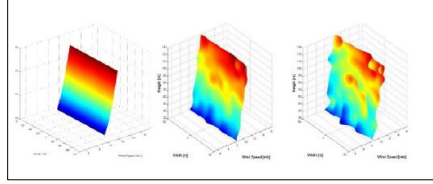
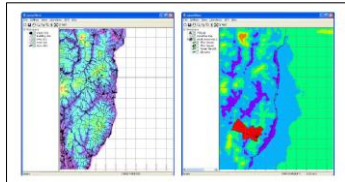
- **Diseño de estrategias operativas**– Nuevas estrategias de operación para cumplir un objetivo optimizando la producción
- **Diseño de planes de envejecimiento**– Como parte de los protocolos ESG

¿Como se calcula la vida útil remanente?



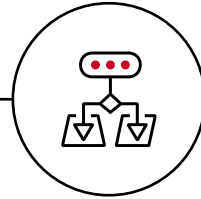
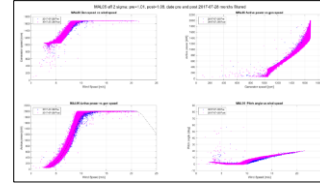
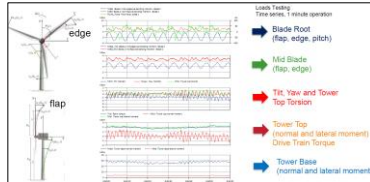
Modelo del emplazamiento

->Topografía, disposición del parque, complejidad del terreno, rugosidad...
->Evaluación del recurso por posición de máquina



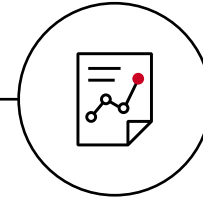
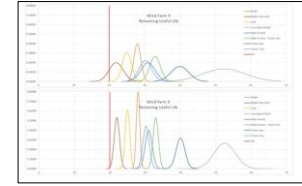
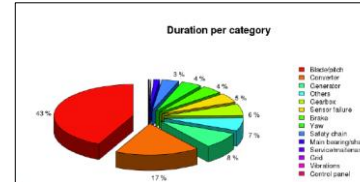
Modelo aeroelástico independiente

Para calcular las cargas de fatiga de diseño y de emplazamiento



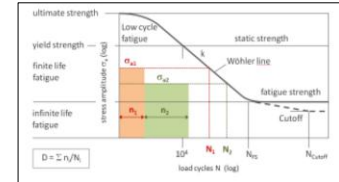
Características de operación

SCADA y modos de operación (paradas, disponibilidad, recambio de componentes, curvas por ruido, parada por aves,)



Comparación de cargas y cálculo de vida remanente

Cálculo de la vida útil remanente (RUL)



RUL: Remaining Useful Life

Introducción: casos de estudio

Objetivo de la presentación:

Explorar cómo la reutilización de componentes y las intervenciones de revamping pueden extender la vida útil de los aerogeneradores y mejorar su rendimiento.

Temas clave:

- Instalación de dispositivos complementarios (add-ons) para optimizar la aerodinámica.
- Reemplazo de palas por otras de mayor tamaño (revamping).
- Reinstalación de aerogeneradores usados en nuevos emplazamientos.

Enfoque técnico:

Basado en datos reales de operación y simulaciones estructurales con modelos aero-elásticos.
Evaluación técnica del impacto en vida útil y producción energética.

Beneficio global:

Maximizar el retorno de inversión en infraestructuras existentes y contribuir a la sostenibilidad del sector eólico.

Instalación de dispositivos complementarios (add-ons)

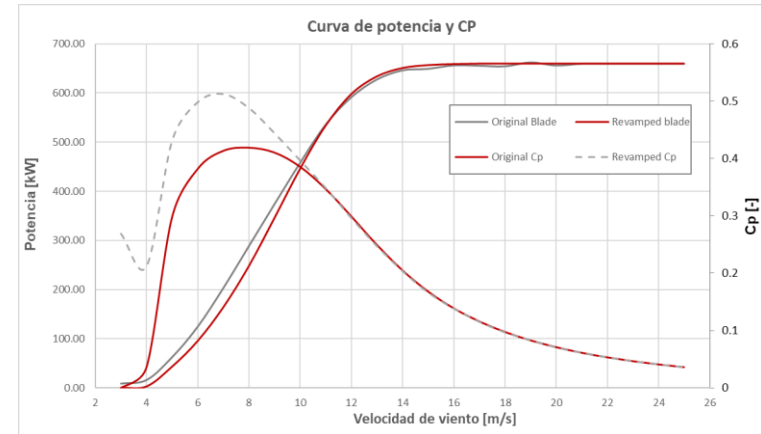
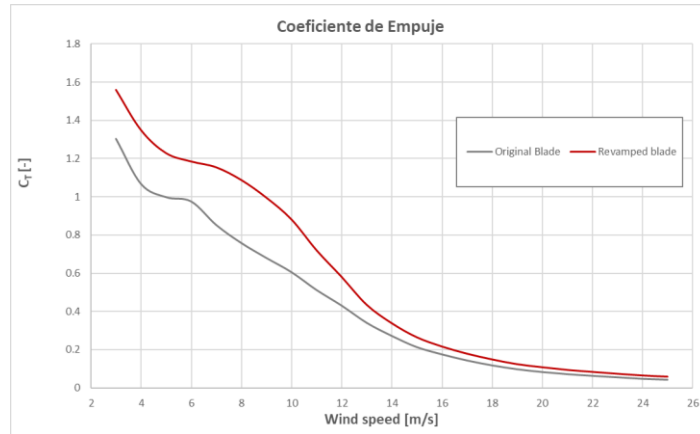
- En este estudio se evaluó el impacto en vida de la instalación de Vortex Generators y Gourney Flap.
 - Situación inicial:
 - Puesta en marcha 2013
 - Parque eólico: 6x2MW, Rotor 80m
 - Revamping: instalación Vortex Generators y Gourney Flaps
 - Análisis
 - Evaluación del recurso eólico
 - Modelos aero-elásticos de los perfiles aerodinámicos de las palas (con y sin add-ons)
 - Evaluación de la vida útil remanente

| | Raíz pala, composite | Raíz pala, unión atornillada | Buje | Unión Eje- Buje | Eje lento | Bastidor, fundición | Bastidor, soldadura | Unión Bastidor- Torre | Torre superior | Torre inferior |
|-------------|-------------------------|------------------------------------|------|--------------------|-----------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|
| Sin Add-ons | 38,4 | 29,0 | 34,4 | >40,0 | >40,0 | >40,0 | >40,0 | >40,0 | >40,0 | >40,0 |
| Con Add-ons | 35,5 | 28,3 | 32,8 | >40,0 | >40,0 | >40,0 | >40,0 | >40,0 | >40,0 | >40,0 |
| LIF (%) | -0,2 | -0,1 | -0,1 | 1,0 | 1,2 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 2,5 |

LIF: Load increase factor, factor de Incremento de carga

Reemplazo de palas por otras de mayor tamaño (revamping).

- En este estudio se evaluó el impacto en vida y energía al reemplazar el rotor del aerogenerador
 - Situación inicial:
 - Puesta en marcha 2002
 - Parque eólico: 51*0,66MW, Rotor 47m
 - Revamping: instalación de palas de 49m de rotor
 - Análisis
 - Evaluación del recurso eólico
 - Modelos aero-elásticos de los perfiles aerodinámicos de las palas originales y nuevas
 - Evaluación de la vida útil remanente y de energía



Reemplazo de palas por otras de mayor tamaño (revamping).

| Parámetro | Unidades | Cert. Aerogenerador | Cert. Palas | Emplazamiento |
|-------------------------------------|-------------------|---------------------|-------------|---------------|
| Densidad Aire | kg/m ³ | 1,225 | 1,225 | 1,131 |
| Coeficiente perfil vertical (Shear) | - | 0,2 | 0,2 | 0.09 |
| Angulo inclinación | deg | 8 | 8 | 0,4 |
| Velocidad Viento | m/s | 10 | 10 | 6,27 |
| Intensidad de turbulencia a 15 m/s | % | 17,97 | 18,0 | 15,27 |

| | Energía [GWh] | Diametro | Area barrido |
|---------------|---------------|----------|--------------|
| Original | 70,8 | 47 | 1734,9 |
| Palas nuevas | 76,4 | 49 | 1885,7 |
| Diferencia[%] | 7,8% | 4,3% | 8,7% |

| | Raíz pala, composite | Raíz pala, unión atornillada | Buje | Unión Eje- Buje | Eje lento | Bastidor, fundición | Bastidor, soldadura | Unión Bastidor- Torre | Torre superior | Torre inferior |
|-----------|-------------------------|------------------------------------|-------|--------------------|-----------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|
| Vida útil | >40,0 | 37,9 | >40,0 | >40,0 | >40,0 | >40,0 | >40,0 | >40,0 | >40,0 | >40,0 |

Reinstalación de aerogeneradores usados en nuevos emplazamientos (Repowering)

- En este estudio se evaluó la vida útil en un nuevo emplazamiento para aerogeneradores usados
 - Situación inicial:
 - Puesta en marcha original 2007
 - Parque eólico: 3x2,5MW, Rotor: 90m
 - Repowering: 17 años operando en un emplazamiento previo, objetivo de 20 años en el nuevo emplazamiento
 - Análisis
 - Evaluación del recurso eólico en ambos emplazamientos
 - Modelo aero-elástico del aerogenerador
 - Evaluación de la vida consumida en el emplazamiento original y calculo de vida en el nuevo emplazamiento
 - Estrategia de remplazado de componentes: rodamientos principales y de palas así como las uniones atornilladas

| Parámetro | Unidades | Certificación | Emplazamiento original | Nuevo emplazamiento |
|--------------------------------------|-------------------|---------------|------------------------|---------------------|
| Densidad Aire | kg/m ³ | 1.225 | 1,218 | 1,211 |
| Coefficiente perfil vertical (Shear) | - | 0,2 | 0,2 | 0,26 |
| Angulo inclinación | deg | 8 | -0,28 | -0,02 |
| Velocidad Viento | m/s | 8,5 | 6,79 | 5,91 |
| Intensidad de turbulencia a 15 m/s | % | 18 | 12,37 | 16,23 |
| Disponibilidad | % | 100 | 93,5 | 90,2 |

| | Raíz pala, composite | Raíz pala, unión atornillada | Buje | Unión Eje-Buje | Eje lento | Bastidor, fundición | Bastidor, soldadura | Unión Bastidor-Torre | Torre superior | Torre inferior |
|-----------|----------------------|------------------------------|------|----------------|-----------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------|----------------|
| Vida útil | 23,0 | 31,0 | 22,7 | >40,0 | >40,0 | >40,0 | >40,0 | >40,0 | >40,0 | >40,0 |

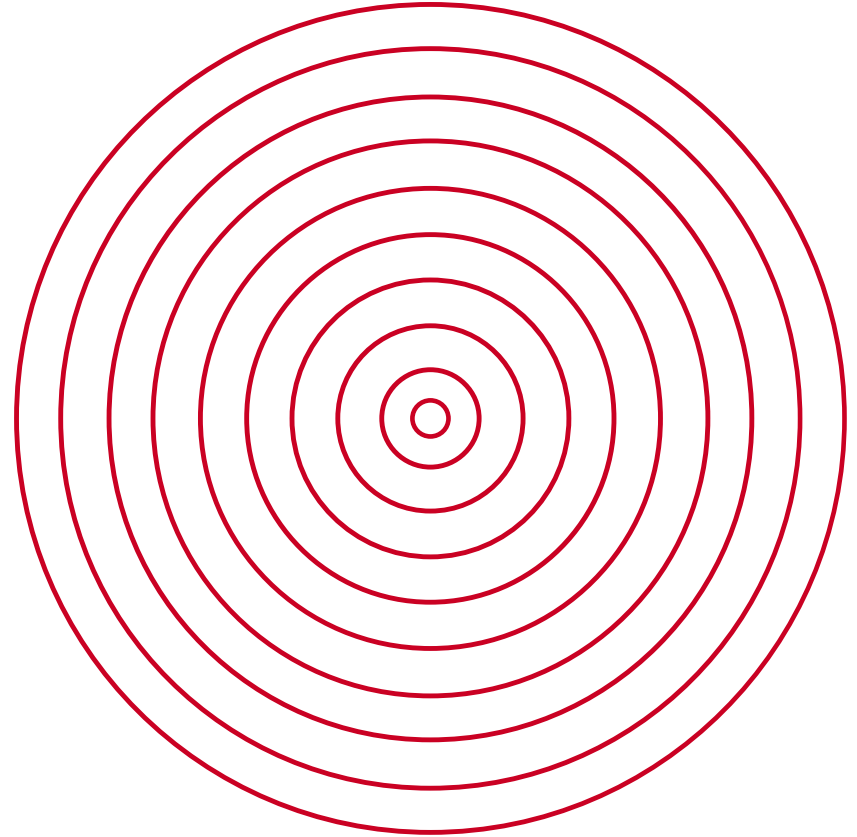
Conclusiones

- **La extensión de vida útil y el revamping son herramientas clave** para maximizar el retorno de inversión y reducir riesgos en la operación de parques eólicos.
- **La reutilización de componentes y la optimización aerodinámica** permiten mejorar el rendimiento sin comprometer la integridad estructural.
- **Los modelos aero-elásticos y el análisis de cargas** son herramientas de utilidad para evaluar la vida remanente y garantizar la seguridad.
- **El repowering y la reinstalación de aerogeneradores usados** son estrategias viables para prolongar la vida de activos y reducir la huella ambiental.
- **Las soluciones de revamping y reutilización contribuyen a la sostenibilidad**, reduciendo la necesidad de fabricar nuevos equipos y minimizando la huella de carbono.

¿Preguntas?

Asier Olcoz
Lifetime Extension Global Leader - Project manager, Asset Advisory
Email: Asier.Olcoz@UL.com

UL.com/Solutions





Muchas gracias

UL.com/Solutions

Safety. Science. Transformation.™