

ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR EÓLICO

Palas de Aerogeneradores

23 Febrero 2021



Índice

1. Antecedentes
2. Estructura y Materiales
3. Regulación
4. Posibles Soluciones
 1. Prevención de Residuos
 2. Rehabilitación
 3. Reutilización
 4. Reciclaje
 5. Recuperación de Energía
 6. Vertedero
5. Posicionamiento WindEurope
6. Conclusiones

1. Antecedentes

Antecedentes

La 1ª generación de aerogeneradores está llegando al fin de su vida operativa, lo que significa que en los próximos años serán desmantelados o sustituidos por turbinas más modernas.

Diversos motivos para el desmantelamiento de parques:

1. Fin de la vida útil
2. Cambios regulatorios y normativos
3. Cambios tarifarios

Una vez desinstalado, es posible reutilizar o reciclar hasta el 83% de los materiales de un aerogenerador (acero, cobre y aluminio).



Componente/ Material (% de peso)	Hormigón	Acero	Aluminio	Cobre	Materiales Compuestos	Otros (p.e. Madera de Balsa)
Rotor						
Buje		100%				
Palas		3%			67%	30%
Góndola						
Multiplicadora		96%	2%	2%		
Generador		65%		35%		
Marco, Maquinaria, Otros		84%	9%	4%	3%	
Torre	2%	98%				

Antecedentes

Problemática

Las palas están fabricadas de materiales compuestos, difíciles de reciclar, siendo esto una de las principales líneas de investigación dentro de las iniciativas de economía circular que se están impulsando desde el sector eólico.

Objetivo

Implementar prácticas de economía circular en el ciclo de vida de las palas, maximizando la reutilización y reciclaje, tanto de las palas, como de los materiales compuestos utilizados como materia prima.



Datos España

Datos actuales España

1.203 Parques Eólicos

20.940 Aerogeneradores

62.820 Palas

256.229 Toneladas

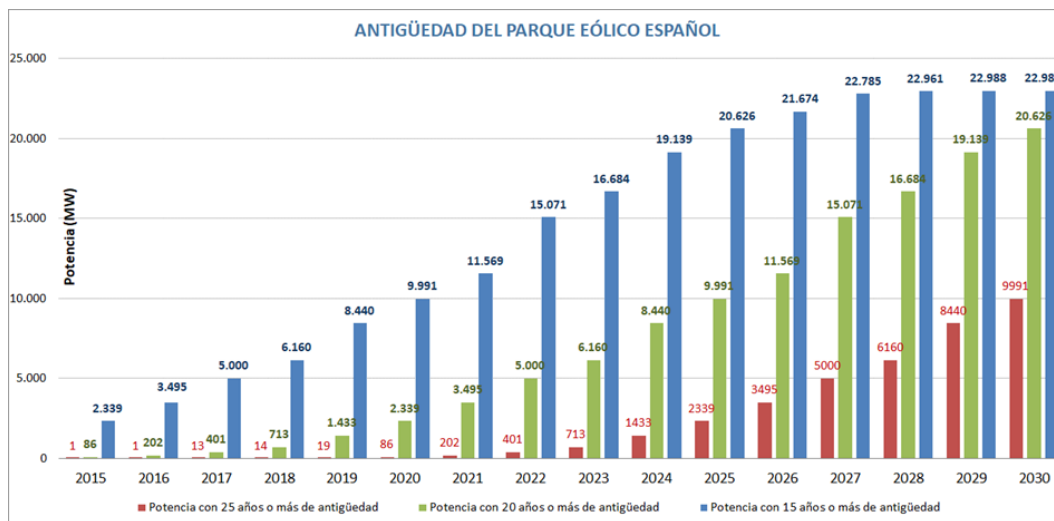
De ellos: **36 %** > 15 Años

7.500 Aerogeneradores

22.500 Palas

Vida de Diseño: **20 Años**

- Extensión de Vida
- Repowering -
- Desmantelamiento



PALAS INSTALADAS (TM) Y ANTIGÜEDAD

Edad	2021	2022	2023	2024	2025
>20 Años	15.348	23.376	34.637	43.607	63.255
18-20 Años	28.259	39.879	44.786	51.188	67.961
15-17 Años	51.188	67.961	68.141	78.337	58.166
<15 Años	161.433	125.012	108.664	83.096	66.847
Total	256.229	256.229	256.229	256.229	256.229

Análisis Desmantelamiento de Palas:

Escenarios Estudiados

Datos Actuales

Toneladas Palas Actuales	256.229
Ton Palas >20 Años (2021)	15.348
% Materiales Compuestos	67%

3 Escenarios Estudiados:

PORCENTAJE PEE REPOTENCIADOS SEGÚN ESCENARIO				
Escenarios	>20 Años	18-20 Años	15-17 Años	<15 Años
S1	100%	0%	0%	0%
S2	100%	50%	0%	0%
S3	100%	50%	25%	0%

Resultados escenarios estudiados:

TONELADAS PALAS A DESINSTALAR						
Escenario	2021	2022	2023	2024	2025	Total
S1	15.348	8.028	11.261	8.969	19.649	63.255
S2	29.477	18.896	16.933	15.305	26.531	107.142
S3	42.275	31.459	25.245	23.058	23.438	145.475

Las **repotenciaciones** pueden verse impulsadas por distintas iniciativas gubernamentales, tales como el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR) o subastas de renovables que incluyan repotenciación.

Análisis Desmantelamiento Palas: Escenario 3

Escenario Planteado

En los próximos 5 años se repotenciará:

- El 100 % de los parques eólicos de más de 20 años,
- El 50 % de las instalaciones de entre 18 y 20 años,
- El 25 % de los parques de entre 15 y 17 años.

Resultados

Total Palas desmanteladas: **145.475 ton**

% Materiales Compuestos: **67%**

Total M.C. Desmantelados: **97.468 ton**

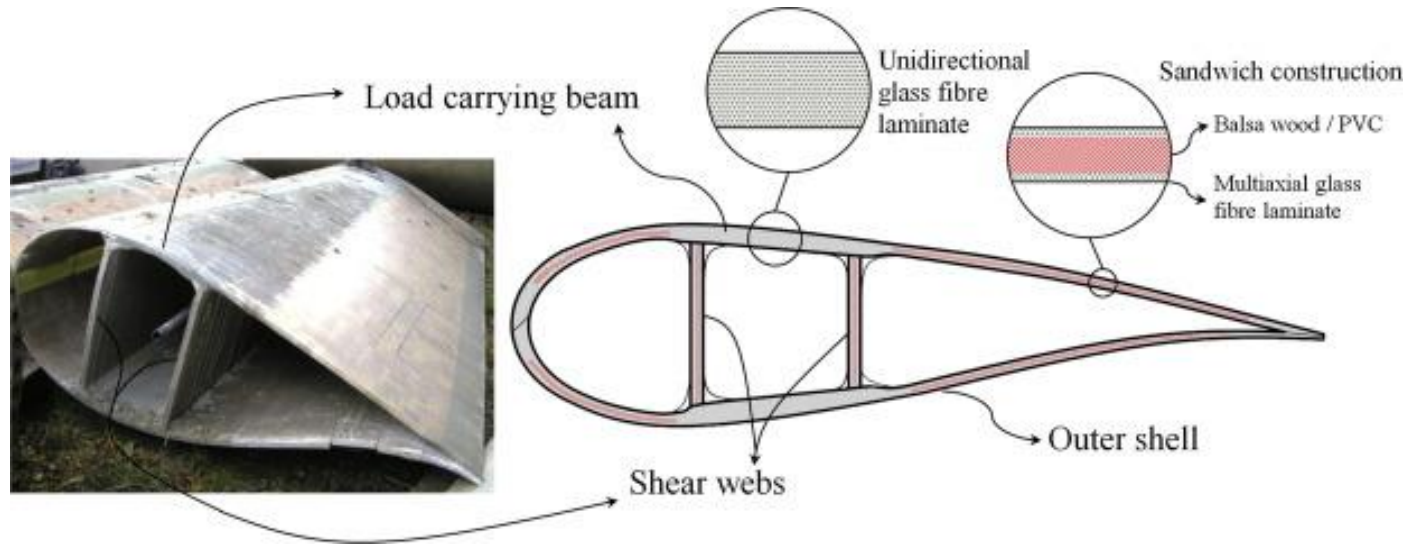
Escenario	VOLÚMEN PALAS A DESINSTALAR (TM)						MATERIALES COMPUESTOS TM
	2021	2022	2023	2024	2025	Total	Total
S1	15.348	8.028	11.261	8.969	19.649	63.255	42.381
S2	29.477	18.896	16.933	15.305	26.531	107.142	71.785
S3	42.275	31.459	25.245	23.058	23.438	145.475	97.468

2. Estructura y Materiales

Estructura de las Palas

Fabricadas a partir de **materiales compuestos** (fibra de vidrio o carbono y resinas, difíciles de separar).

Los **Materiales Compuestos** son la unión de dos o más materiales distintos, cada uno de los cuales conserva sus propiedades, obteniéndose un nuevo material con mejores propiedades que las de sus constituyentes por separado. Alta resistencia y menor peso.



Materiales Compuestos: Fases

Fase Matricial. Fase principal, carácter continuo, constituida por resinas. Actúa como soporte y protección de la fase dispersa. Transmite los esfuerzos hasta la fibra de refuerzo, lo que requiere una adhesión total entre el refuerzo y la matriz.

Fase Dispersa. Refuerzo, aporta las propiedades mecánicas resistentes y determina la rigidez del material. La forman fibras o partículas que están embebidas en la matriz.



Materiales Compuestos: Fibras

Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio/ Glass Fiber Reinforced Plastic

(PRFV/GFRP). Tradicionalmente utilizadas, debido a su alta disponibilidad y la madurez de su proceso de fabricación. Características: bajo coste, alta estabilidad térmica, elevado punto de fusión, no inflamabilidad y excelente comportamiento en ambientes corrosivos.

Polímeros Reforzados con Fibra de Carbono/ Carbon Fiber Reinforced Polymer

(PRFC/CFRP). Para las aplicaciones de mayor tamaño. Alternativa prometedora a la fibra de vidrio al proporcionar mayor rigidez y menor densidad, aunque tienen varias desventajas: baja tolerancia a los daños, alta conductividad eléctrica (propenso a rayos), y su mayor coste.

Materiales Compuestos: Matriz y Resinas

Resinas Termoestables (epoxis, poliésteres y ésteres de vinilo). Principalmente utilizadas, dominando el mercado de los polímeros reforzados (80% de este). Ventajas: menor viscosidad y posibilidad de curar a bajas temperaturas. Se adaptan mejor a cualquier proceso de transformación, razón por la cual son preferidas.

Resinas Termoplásticas. Tienen como ventaja principal su mayor reciclabilidad. Como desventaja, necesitan temperaturas más altas para curar (mayor consumo energético y la posibilidad de afectar las propiedades de las fibras), y la dificultad de fabricar piezas de gran tamaño debido a su mayor viscosidad.

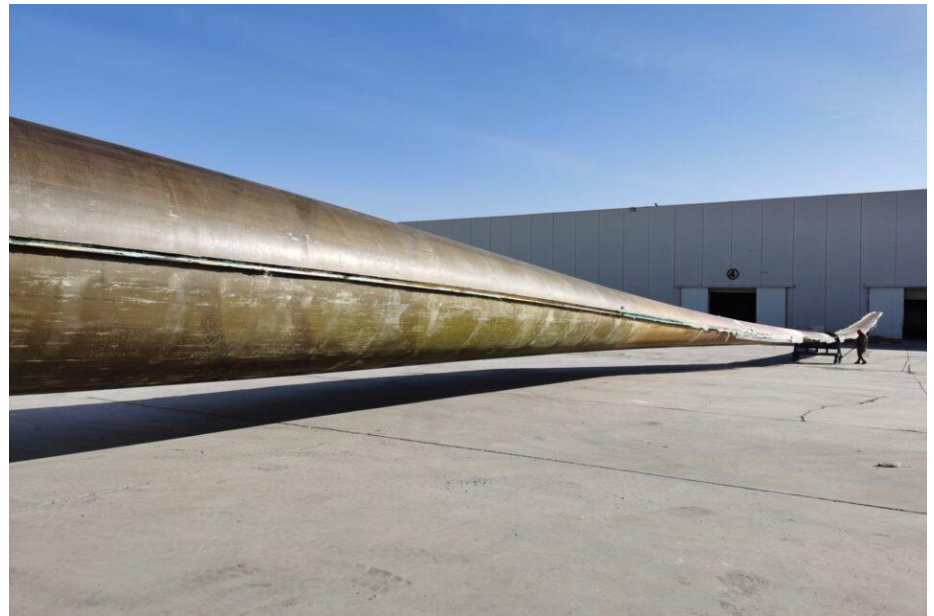
Áreas de Investigación Materiales

A pesar de los avances conseguidos en el sector, la investigación sigue siendo vital para la implementación de estrategias de economía circular en la eólica en los próximos años y avanzar en nuevas soluciones de fin de vida sostenibles.

Como ejemplo, en 2020 Covestro, Goldwind y LZ Blades han creado la primera pala eólica del mundo hecha con **poliuretano**.

Permite la fabricación de palas de mayor longitud y resistencia.

*Pala de poliuretano de Covestro,
Goldwind y LZ Blades*



Áreas de Investigación Materiales

Ejemplo de Línea de Investigación

En un estudio llevado a cabo por Arbórea Intellbird y Innovagenomics, documentaron la existencia de comunidades microbianas en las superficies de las palas.

Tras analizar las muestras e identificar las comunidades de microorganismos presentes, encontraron la presencia de ciertas bacterias que realizaban la degradación de la resina epoxi de las palas.

Esto permite investigar la posibilidad desarrollar tecnologías que permitan el **bioprocesamiento de las palas.**

Áreas de Investigación Materiales

Sinergias con Otros Sectores

La I+D de nuevos materiales y la preocupación por su reciclaje o reutilización no es exclusiva del sector eólico.

La **aeronáutica**, la **automoción** y la **construcción** también tienen entre sus objetivos la inclusión de prácticas de economía circular y sostenibilidad, por lo que la eólica puede encontrar sinergias con este tipo de sectores para encontrar nuevas soluciones.

Por ejemplo, en el sector aeronáutico se observa como 12.000 aeronaves están acercándose a su fin de vida útil, lo que supondrá un gran incremento de los residuos de materiales compuestos.

Ejemplo Proyectos



Colaboradores

AITIIP, Aernnova, Acciona, Evoenzyme, TU Delft, ECRT, Specific Polymers, Biosphere, PLATA, Universidad de Cádiz



Objetivo

Demostrar el potencial de la utilización de enzimas para conseguir la **degradación de los materiales compuestos termoestables**, de forma que se consiga resolver el problema de fin de vida de estos materiales.

Para ello, desarrollarán una tecnología enzimática biodegradable que, tras ser probada en un entorno de laboratorio, se ensayará su uso en entornos piloto semi-industriales. Esto permitirá un aumento del TRL de la tecnología y establecerá una nueva cadena de valor circular para los productos obtenidos tras la biodegradación.

Subvención: 2,5 millones €

Duración: 4 años (2020-2024).

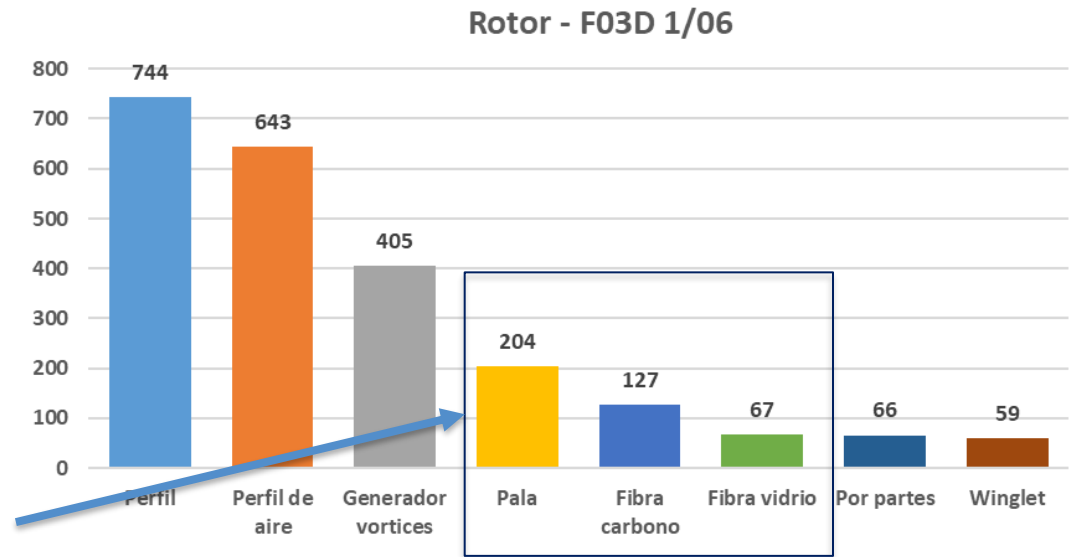
REOLTEC

Innovación en el Sector Eólico. 2000-2020

Estudio de Patentes

-Orientación de I+D hacia la reducción de cargas en las palas y a la mejora de la captura de energía, y a la construcción de la pala por segmentos, de cara a facilitar el transporte.

-Importancia de los materiales con los cuales se fabrican las palas



Estudio de Patentes del Rotor. Fuente. REOLTEC.

3. Regulación

Regulación

Debido a que el desmantelamiento de parque eólicos es todavía anecdótico, **las normativas europeas y nacionales existentes están poco desarrolladas en este ámbito.**



Lista Europea de Residuos (Decisión 2000/532/CE)

Lista Europea de Residuos (Decisión 2000/532/CE)

Los materiales compuestos se engloban dentro de los residuos plásticos de construcción y demolición, código **LER 17 02 03**. Existen pocos requisitos a nivel europeo para residuos de materiales compuestos.



Ley 22/2011: Residuos y Suelos Contaminados

Ley 22/2011: Residuos y Suelos Contaminados

A nivel nacional, en España, existe la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

Regulación

Real Decreto 646/2020

Regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, complementando la Ley 22/2011. Su objetivo principal es **impulsar el tránsito hacia una economía circular, dando prioridad a la prevención de residuos, la preparación para la reutilización y el reciclado.**

Sólo han de considerarse residuos las palas eólicas que los titulares de las instalaciones eólicas desechen o tengan la intención de desechar, no las que vayan a ser objeto de reparación.

El tratamiento que ha de darse a los residuos que genere una instalación eólica durante su funcionamiento viene expresamente contemplado en la correspondiente DIA.



Real Decreto 646/2020, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

4. Posibles Soluciones

Jerarquía de los Residuos

La jerarquía de los residuos define que la estrategia de gestión de residuos debe incluir objetivos de:

1. Prevención de Residuos
2. Reutilización
3. Reciclaje del material
4. Recuperación de energía
5. Incineración
6. Entrega a vertedero como última alternativa.



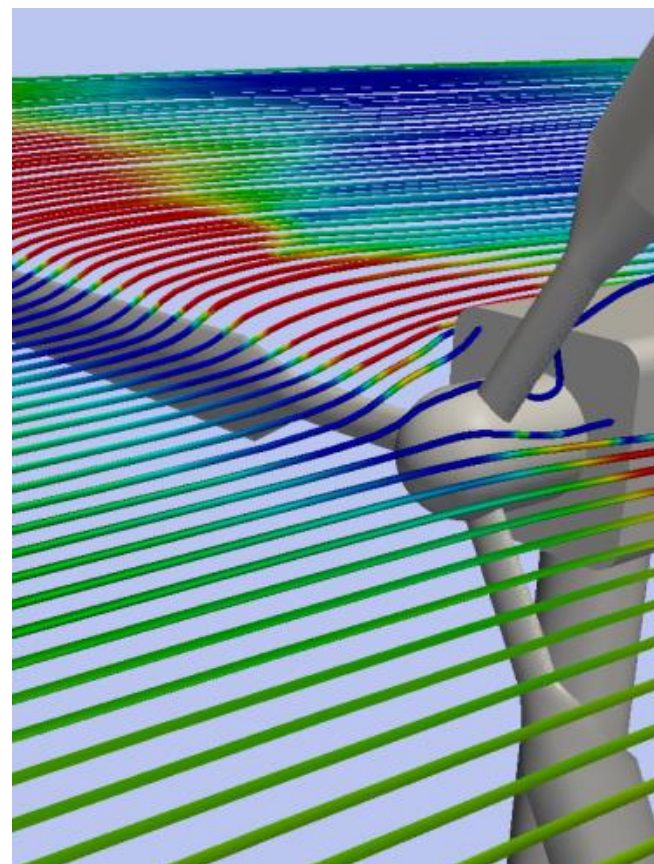
1. PREVENCIÓN DE RESIDUOS

Prevención de Residuos

Se basa en **evitar la generación de residuos**, y para que sea eficaz debe ser considerada **durante el diseño de la pala**.

Puede alcanzarse mediante alguno de estos tres objetivos, complementarios entre sí:

- Conseguir la **reducción del material utilizado** en la fabricación, lo que supondrá un menor volumen de residuos y de materiales a reciclar;
- **Aumento en la eficiencia** de los productos fabricados, que impliquen una menor tasa de fallo y un alargamiento de la vida útil de las palas;
- **Sustitución de materiales** tóxicos o difíciles de reciclar por otros más ecológicos.



Prevención de Residuos: Ramas

Extensión de Vida

1. Polímeros autorreparables.
2. Mejora de la ductilidad, resistencia a la fatiga y de la adhesión fibra-resina.
3. *Gelcoats* y revestimientos superficiales.

Disminución del Uso de Materiales

1. Eco-Diseño.
2. Criterios de Economía Circular en diseño.
3. Algoritmos de optimización de diseño multicriterio.

Diseño para Reciclabilidad

1. Matrices Termoplásticas

Mejora de Separación de Componentes

1. Adhesivos Termoplásticos
2. Reticulación reversible de resinas termoendurecibles.



DREAMWIND

Designing REcyclable Advanced Materials for WIND energy



Colaboradores

Aarhus University



Danish Technological Institute



Vestas Wind Systems



Objetivo

Desarrollar nuevos materiales sostenibles que puedan ser usados en palas eólicas (materiales compuestos que puedan ser separados cuando se llegue al final de su vida útil, de forma que las fibras de vidrio de estos puedan ser recicladas).

Se ha centrado en el **diseño un nuevo agente aglutinante para la fibra de vidrio** que permita su reutilización para nuevos componentes. De esta forma, se puede retener el valor del material, en vez de descartarlo y requerir de nuevo material virgen.

Subvención: 2,36 millones €

Duración: 4 años (2016-2020).

Colaboradores



Objetivo

Demostración a gran escala de una cadena de valor de economía circular basada en la **reutilización de materiales compuestos reforzados con fibra**.

Se busca integrar diferentes innovaciones a través de un enfoque holístico para aumentar la rentabilidad de reutilización y reciclaje de los GFRP y CFRP.

Esto se hará a través de TIC basadas en la nube, búsqueda de nuevos mercados, análisis de las barreras legislativas, evaluación del ciclo de vida, etc.

El proyecto se basa en tres casos demostrativos:

1. Reciclaje mecánico de fibras cortas y reutilización.
2. Reciclaje térmico de fibras largas y reutilización.
3. Inspección, reparación y reprocesamiento de fibras de carbono.

Subvención: 10 millones €

Duración: 4 años (2017-2021).

ZEBRA

Zero waste Blade ReseArch

Colaboradores

IRT Jules Verne, Arkema, CANOE, ENGIE, LM Wind Power, Owens Corning y SUEZ



ARKEMA
INNOVATIVE CHEMISTRY



ENGIE

LM WIND POWER
a GE Renewable Energy business



SUEZ

Objetivo

Demostración a gran escala de la importancia técnica, económica y medioambiental de las palas eólicas fabricadas a partir de materiales compuestos termoplásticos, con un enfoque de eco-diseño para facilitar su reciclabilidad.

LM fabricará dos prototipos usando la resina de Arkema, para comprobar y validar su viabilidad para su producción industrial. En paralelo, se desarrollará y optimizará el proceso de fabricación y se investigarán maneras de reciclar los materiales compuestos usados en los prototipos, realizándose una evaluación de ciclo de vida.

Subvención: 2,36 millones €

Duración: 3,5 años (2020-2024).

2. REHABILITACIÓN

Reutilización

Solución más sencilla: Rehabilitar y reutilizar la pala en otro parque eólico.

Es la primera consideración para recuperar las palas que, por su naturaleza y estado, siguen manteniendo un valor importante.

Evaluación Técnica

Antes de reutilizar las palas, se debe conocer su valor residual.

Estándares existentes para la certificación de la extensión de vida:

- **UL:** ANSI UL 4143-2018.
- **DNV-GL:** DNVGL-ST-0262 y DNVGL-ST-0263.
- **SGS:** SGS ECPE-2056.

A nivel internacional, se encuentra en curso de desarrollo una nueva especificación técnica de IEC, la **IEC TS 61400-28** para realizar una buena gestión y la extensión de vida de parques eólicos.

Métodos de Diagnóstico

- Inspecciones termográficas
- Análisis fotográfico
- Ensayos no destructivos

Reutilización

Mercado de Palas Usadas

Una vez realizada la evaluación técnica, diversas empresas se dedican a la venta de activos de parques desmantelados para nuevos proyectos:

- **Surus.** Soluciones llave en mano de economía circular: evaluación de los activos, desinstalación y reemplazo. En España, desmantelamiento de Malpica, Zas y Corme.
- **Repowering Solutions.** Mercado secundario de activos de plantas de energía, que tiene como modelo de negocio la economía circular.
- **Wind-turbine.com.** Mercado on-line para vender y comprar piezas de repuesto y accesorios para aerogeneradores.
- **Spares in Motion.** Plataforma on-line para la post venta de activos de aerogeneradores.



Desinstalación de los parques de Zas y Corme, por Surus

3. REUTILIZACIÓN EN USOS DISTINTOS

Reutilización en Usos Distintos

Reutilización para propósitos estructurales o arquitectónicos, no relacionados con eólica, aprovechando sus características mecánicas.

Aunque permite alargar la vida de una pala con poco esfuerzo, **aplicaciones excepcionales**.

Usos alternativos propuestos: barreras acústicas, torres de telecomunicación, techos, torres AT, etc.

Una posible línea de trabajo sería la creación de una gama de productos y comercializarlos para diferentes usos.

Un ejemplo de este tipo de iniciativas es **Ecoalf**, la cual utiliza materiales reciclados, como poliéster PET, nylon y neumáticos, para fabricar diversas prenda de ropa y accesorios.



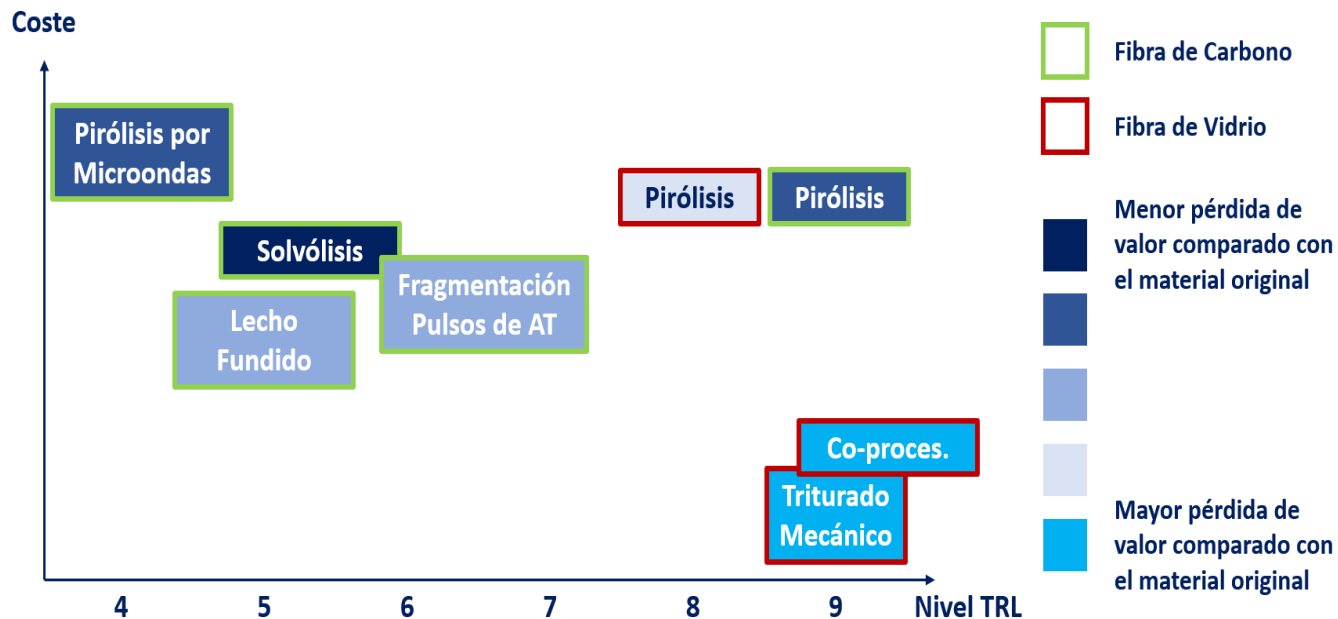
4. RECICLAJE DEL MATERIAL

Reciclaje del Material

Cuando la pala no pueda ser reutilizada, se procede al **reciclado del material**.

Al utilizar resinas termoestables en la fabricación de palas, no pueden ser fundidas y es complicado separar la matriz de las fibras. Dos tipos:

- Reciclaje Mecánico
- Reciclaje Térmico



Tecnologías de reciclaje por su TRL y coste. Adaptado de WindEurope.

Reciclaje Mecánico

El reciclado mecánico de las palas consiste en triturarlas hasta obtener porciones pequeñas de material, de milímetros de tamaño.

El triturado mecánico tiene una gran eficiencia pero disminuye drásticamente el valor del material reciclado.

El compuesto triturado resultante puede ser posteriormente usado en nuevas aplicaciones, entre las cuales destaca la producción de cemento.

1. Co-procesamiento del Cemento
2. Firmes de Carretera
3. Paneles Acústicos



Corte in-situ de las palas en trozos. Fuente bcircular.

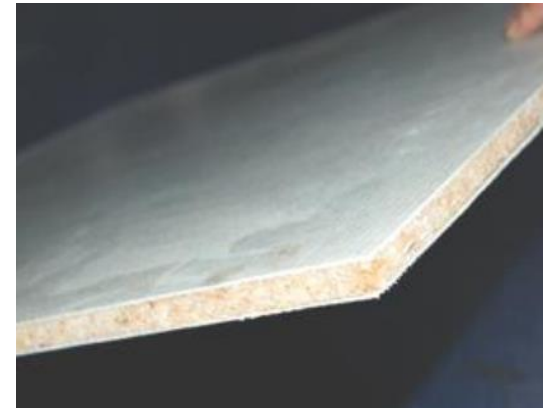
Reciclaje Mecánico

Los productos a fabricar a partir del material triturado:

- Prefabricados de Hormigón.
- Paneles Sándwich.

Proyecto: LIFE+BRIO

El objetivo fue mejorar los procesos de reciclado mecánico, de forma que optimicen la recuperación de fibras inorgánicas contenidas en los materiales compuestos que constituyen las palas eólicas y fomentar la economía circular dentro del sector eólico.



Reciclaje Mecánico

Co-procesamiento del Cemento

Actualmente, **tecnología principal para el reciclaje del material compuesto.**

Las materias primas del cemento son reemplazadas parcialmente por las fibras de vidrio, y la fracción orgánica del material compuesto de la pala es aprovechada como combustible, sustituyendo al carbón. Permite una **reducción de energía utilizada y de CO2 producido.**

Ventajas: Alternativa robusta y escalable, costes económicos, alta eficiencia y rapidez. Permite procesar grandes cantidades de residuos y sin tener como subproducto cenizas.

Desventajas: Se pierde la forma física original de las fibras y su valor. Además, las propiedades de este tipo de cementos van a ser diferentes a los habituales.

Reciclaje Mecánico

Firmes de Carretera

Mejora de las propiedades mecánicas del asfalto de manera que se evite la formación de grietas y su propagación mediante la inclusión de fibra de vidrio en la estructura del asfalto.

Paneles Acústicos

Consecución del aglomerado de los paneles.

Ventajas: Se obtienen características acústicas similares a los productos actualmente utilizado.

Desventajas: Todavía en desarrollo y no se encuentra a nivel industrial.



Asfalto fabricado incluyendo fibra de vidrio reciclada de palas de aerogeneradores. Fuente Proyecto Life Refibre, 2020.

Reciclaje Mecánico

Fragmentación por Pulsos de Alta Tensión

Proceso electromecánico que separa con alta eficiencia las matrices de las fibras en los materiales compuestos mediante el uso de electricidad.

Ventajas: Comparado con el triturado mecánico, las fibras que se obtienen son de mayor calidad, además de tener una mayor longitud y limpieza.

Desventajas: Sólo se pueden recuperar fibras de pequeño tamaño y, para conseguir fibras de alta calidad, se requieren grandes niveles de energía.

Continúa en **fase de investigación.**

Reciclaje Térmico

Todavía en distintas fases de investigación y desarrollo. Se tienen las siguientes alternativas:

1. Pirólisis
2. Pirólisis por microondas
3. Proceso de lecho fundido
4. Solvólisis.

En general, las temperaturas que se alcanzan suponen una degradación de las fibras, lo que supone una pérdida de sus propiedades mecánicas. Esta degradación varía entre las diferentes tecnologías.

Reciclaje Térmico

Pirólisis

Proceso de reciclaje ya usado para otras aplicaciones.

Al aplicar la pirólisis a las palas eólicas, la matriz polimérica se degrada hasta obtener una mezcla de hidrocarburos, obteniendo como producto las fibras de vidrio.

Ventajas: Aunque existe degradación de la fibra, comparada con otros tratamientos térmicos esta es menor, por lo que las fibras pueden ser reutilizadas en otras aplicaciones.

Desventajas: Alto coste, por lo que su viabilidad económica dependerá de la escala y la reutilización que las fibras pueden tener.

Se espera que en los próximos años la pirólisis se convierta en una solución de gran importancia.

Reciclaje Térmico

Pirólisis por Microondas

Sistema alternativo a la pirólisis convencional, donde se calienta el material por radiación microondas, por lo que la totalidad del material es calentado al mismo tiempo.

Los polímeros habitualmente tienen una conductividad térmica muy baja, por lo que, al recurrir a microondas, la temperatura utilizada puede ser mucho menor.

Ventajas: Permite conservar mejor las propiedades mecánicas de las fibras de vidrio, y reducir la cantidad de energía utilizada. Además, se trata de una tecnología que es más fácil de controlar.

Desventajas: En fase de investigación, encontrándose en la fase de validación en laboratorios y ambientes relevantes.

Reciclaje Térmico

Lecho Fluido

Quema la resina matriz del material compuesto, teniendo como producto de la combustión las fibras. Para ello, las palas serían trituradas hasta conseguir pellets de pequeño tamaño, que sería introducidos en el reactor de lecho fluido.

Ventajas: Este método, comparado con los dos anteriores, permitiría retener mejor las propiedades mecánicas y el valor del material. Puede tratar materiales mixtos y, por lo tanto, sería especialmente beneficioso para residuos de fin de vida.

Desventajas: Hoy en día, todavía se produce una mayor degradación de los compuestos y se encuentra todavía en fase de investigación.

Reciclaje Térmico

Solvólisis

Tratamiento químico por el cual un átomo o compuesto es reemplazado por otro utilizando un disolvente.

Para palas, se puede utilizar el agua como disolvente que, bajo unas condiciones específicas, produce en el material la despolimerización termoquímica. Esto provoca la ruptura de los enlaces de las resinas termoestables, permitiendo su separación de las fibras de vidrio.

Ventajas: Menores temperaturas, suponiendo una menor degradación de las fibras. Además, el proceso puede ser escalado.

Desventajas: Actualmente se encuentre todavía en fase de investigación y los costes de inversión y operación son altos.

Reciclaje Térmico

Empresas y Proyectos

Reciclaia

Única empresa en España que está prestando servicios de reciclaje de materiales compuestos a través de **pirólisis**.

Realizan proyectos llave en mano donde realizan el corte y triturado de las palas en el propio parque eólico, para su posterior tratamiento térmico, en el cual se elimina la resina del material compuesto, degradando las fibras del mismo menos del 10%.

El material resultante puede ser utilizado para **aplicaciones no estructurales**.

Aunque actualmente su capacidad es limitada, están desarrollando nuevas máquinas que les permitirán procesar 7.200 t/año de material compuesto.



Reciclaje Térmico

Empresas y Proyectos

bcircular – TRC

Plataforma asociada al CSIC, se dedica al desarrollo de tecnologías dedicadas al reciclado de materiales compuestos.

Han desarrollado **R3FIBER**, proceso que permite obtener fibras limpias tras someter al material compuesto a distintas curvas de calentamiento en atmósfera y temperatura controlada. Las fibras apenas sufren modificaciones en sus propiedades mecánicas.

Actualmente están trabajando en fabricar nuevos materiales compuestos a través de fibra reciclada que puedan ser utilizados en otros sectores como la automoción o el industrial.



5. RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

Recuperación de Energía

El material de las palas eólicas **puede ser incinerado para recuperar energía**. Es una solución ampliamente utilizada, pero que presenta numerosas desventajas.

Los materiales compuestos utilizados para la estructura de la pala contienen hasta un 70% en peso de fibra de vidrio, la cual no es combustible y dificultará la combustión, además de poder dañar los hornos y los conductos de los gases de combustión.

Este proceso deja como residuo grandes cantidades de cenizas, las cuales será necesario tratar.

6. VERTEDERO

Vertedero

Tras la desinstalación de una pala eólica, **su traslado a un vertedero o su incineración sin recuperación de energía** sería la solución más baja en la jerarquía de residuos y la **menos deseable** debido al importante impacto ambiental que supondría.

7. RESUMEN DE SOLUCIONES

Resumen de Soluciones

1. Para las futuras palas, el desarrollo de **nuevo diseños optimizados** y de técnicas de **fabricación a partir de materiales reciclables**, permitirán avanzar hacia la circularidad de los materiales.
2. En el caso de las palas ya instaladas, una vez finalizada su vida útil, el **procesado mecánico** y la **pirólisis** son las soluciones que en la actualidad cuentan con una mayor madurez tecnológica.
 - En el primer caso, **la utilización del producto en el co-procesamiento de cemento** es la solución más desarrollada y la que mayor volumen de materiales compuestos puede tratar a día de hoy
 - En el segundo caso, la **pirólisis** posee un gran potencial para convertirse en la tecnología de reciclaje principal para los materiales compuestos en los próximos años, aunque para ello requiera continuar desarrollándose para conseguir **procesos a escala industrial**.

Resumen de Soluciones

3. Existen otras tecnologías de reciclado de materiales compuestos, como la **fragmentación por pulsos de alta tensión**, la **pirólisis por microondas** y la **solvólisis**, que ofrecen buenos resultados, pero se encuentran aún en sus primeras etapas de investigación y desarrollo.

A photograph of a wind farm with several large wind turbines standing in a green field under a blue sky with light clouds. The turbines are white with red and green accents on the tower. The text '5. Posicionamiento de WindEurope' is overlaid in white.

5. Posicionamiento de WindEurope

Posicionamiento WindEurope

La **Junta de WindEurope** aprobó una hoja con las siguientes líneas de trabajo:

1. Implementar una **prohibición de utilización de vertederos para 2025** para toda la UE. Para ello, se buscaría la colaboración de la industria cementera a la vez que se continúan desarrollando alternativas más adecuadas.
2. A más largo plazo, alcanzar la **completa reciclabilidad de las palas**, mediante la inversión en diversas tecnologías de reciclaje que se encuentran en investigación, incentivando el uso de los materiales compuestos reciclados para otros usos, y marcando objetivos de reciclaje.
3. Conseguir que en las **futuras palas sean completamente circulares**, mediante la investigación y desarrollo de materiales compuestos que puedan ser reutilizados en nuevas palas.

Posicionamiento WindEurope

4. Buscar **sinergias con otros sectores** que utilicen materiales compuestos, con los que compartir buenas prácticas para el reciclaje y con los que poder combinar volúmenes de material a reciclar.

Este posicionamiento se hará público el una sesión específica en la **EU Sustainable Energy Week del 22-26 de Junio**.

Además, se está trabajando en un documento anexo de Q&A.

Se recopilarán videos con soluciones y ejemplos para apoyar el documento.

A photograph of a wind farm with several tall, white wind turbines standing in a green field under a blue sky with light clouds. The turbines have three blades each and a red stripe near the base of the tower. The text '6. Debate posicionamiento AEE' is overlaid in white on the left side of the image.

6. Debate posicionamiento AEE



C/ Sor Ángela de la Cruz, 2. planta 14 D
28020, Madrid

Tel. +34 917 451 276

aeolica@aeolica.org

www.aeolica.org

