



INNOVACIÓN EN EL SECTOR EÓLICO

Periodo 2018-2019

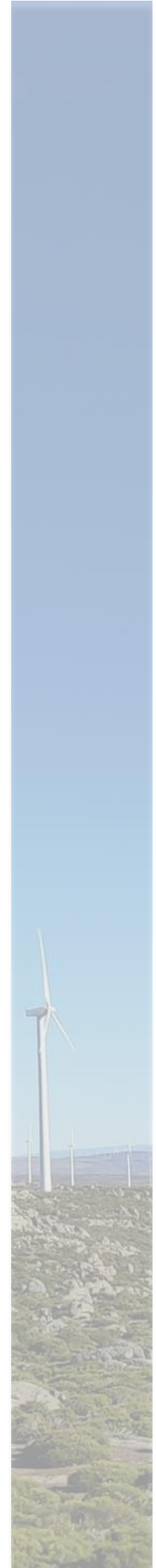
Contenido

- 1. Objetivo e Introducción..... 3
- 2. Tendencias en la innovación eólica..... 7
 - 2.1. Viento, mejora del conocimiento del comportamiento del viento y flujos en el entorno de los parques eólicos, disminución de incertidumbres:..... 7
 - 2.2. Palas, en general ligado al mayor diámetro para reducir el LCOE: 7
 - 2.3. Transmisión mecánica, orientada también a la reducción de costes y cargas, dado el elevado tamaño: 8
 - 2.4. Digitalización 8
 - 2.5. Control..... 9
 - 2.6. Convertidores, que respondan a la minoración de cargas y los nuevos códigos de red: 9
 - 2.7. Torres y cimentaciones, modularidad, disminución de peso y facilidad de montaje:.. 9
 - 2.8. Mantenimiento, orientado al control de costes, garantía de disponibilidad de largo plazo y suministro de repuestos: 10
 - 2.9. Alargamiento de vida, más allá de la vida útil de diseño: 10
 - 2.10. Optimización de los procesos industriales, logística y BOP: 10
 - 2.11. Repotenciación:..... 11
 - 2.12. Integración en red, cumplimiento de los códigos de red e incluso adelantarse a posibles soluciones que supongan una mejora de la operación técnica del sistema:..... 11
 - 2.13. Eólica marina 11
 - 2.14. Medioambiente, laminar los efectos sobre el medioambiente en comparación con otras tecnologías:..... 12
- 3. Resultados del análisis de patentes 12
 - 3.1. Control..... 16
 - 3.1.1. Incremento del tamaño de rotor 16
 - 3.1.2. Control alternativo al fabricante a través de algoritmos en el PLC..... 16
 - 3.1.3. Equipos autónomos..... 16
 - 3.1.4. Emplazamientos offshore..... 17
 - 3.2. Cargas 17
 - 3.2.1. Cargas dinámicas 18
 - 3.3. Estructura 18
 - 3.4. Marina 19
 - 3.5. Red 21
 - 3.6. Extensión de vida 22



Innovación en el Sector Eólico

3.7.	Ruido	22
3.8.	Recurso	23
3.9.	Aerodinámica	24
3.10.	Minieólica	25
3.11.	Nuevos diseños	25
4.	Evolución de las patentes por componentes y años.....	26
5.	Actores clave en las patentes.....	27
6.	Reparto geográfico.....	32
7.	Patentes que han vencido en 2018-2019.....	35
8.	Elementos clave e integración en las políticas energéticas y tecnológicas	36
8.1.	La política energética de la Unión Europea.....	36
8.2.	Plan nacional integrado de energía y clima 2021-2030	38
8.3.	La ciencia y la innovación: modelo lineal	40
8.3.1.	El Plan Estatal de Ciencia e Innovación.....	40
8.4.	La importancia de la investigación eólica.....	41
9.	Posibles Riesgos	43
10.	Conclusiones.....	45



1. Objetivo e Introducción

Este informe ha sido elaborado por EOLION para la Plataforma Tecnológica REOLTEC para ser utilizado como base para la identificación de las prioridades de I+D+i dentro del sector eólico, tomando como punto de partida las ya seleccionadas en años anteriores y contrastándolas con las patentes e invenciones, considerado como método idóneo para conocer las tendencias actuales del mercado.

El mercado eólico muestra una cierta tendencia a la estabilización en potencia instalada interanual, lo que refuerza la necesidad de mantener una posición competitiva frente a otras tecnologías, gas natural y fotovoltaica, fundamentalmente, pero también marca la necesidad de reforzar la diferenciación competitiva entre los diferentes fabricantes.

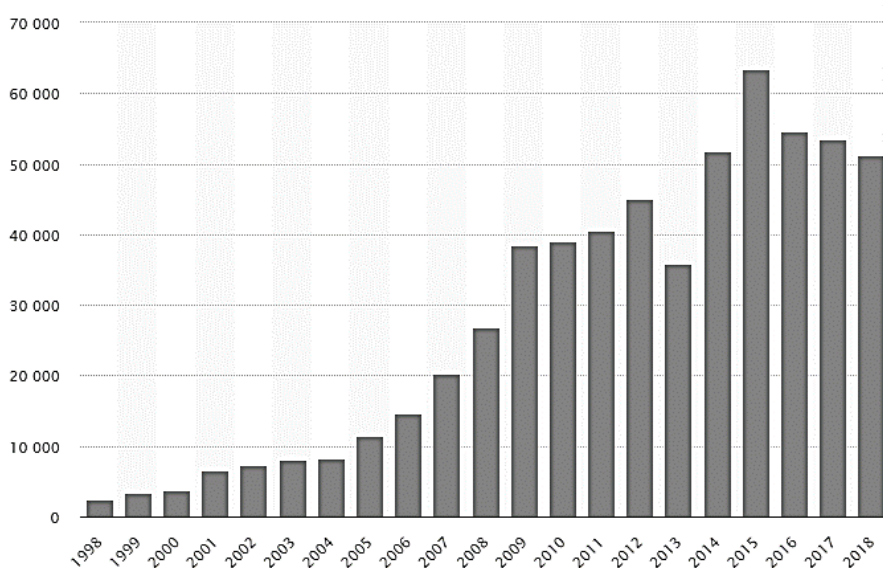


Ilustración 1: Energía Eólica Potencia Anual Instalada a nivel Mundial - 1998-2018 en MW
Fuente: GWEC

En este escenario, el sector eólico necesita reducir el coste de generación LCOE (ver la ilustración siguiente sobre los resultados de las subastas basadas en precio), además de mantener la disponibilidad de las plantas, la contribución a la seguridad y a la confiabilidad del suministro eléctrico y el alargamiento de la vida de las instalaciones. Todo ello marca la innovación del sector, aunque la confluencia de alguno de los objetivos anteriores genera ciertas tensiones en los otros, por ejemplo, el cumplimiento de los códigos para asegurar la participación confiable en la seguridad del sistema puede suponer incrementos en el CAPEX, lo que afecta al LCOE.

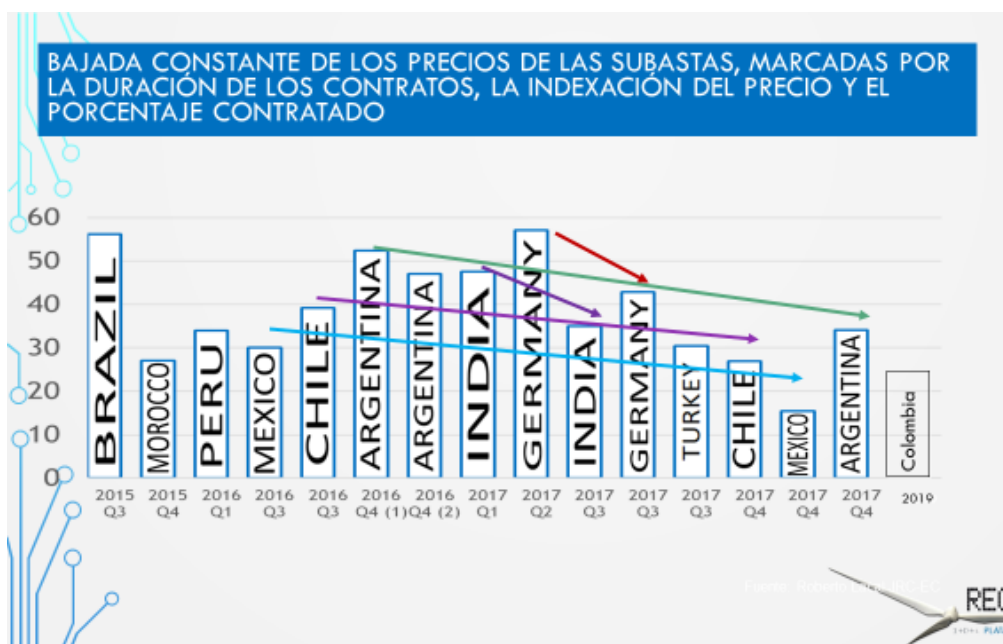
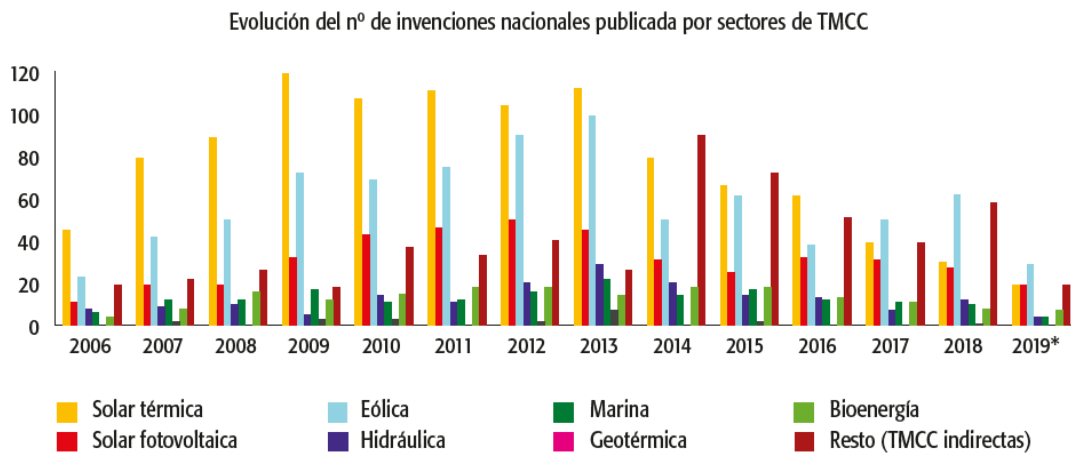


Ilustración 2: Evolución de los precios de las subastas
Fuente: REOLTEC

Tal y como se observa en este trabajo, el primer indicio en el que se ve reflejada esta necesidad de reducir los costes está en la disminución del número de patentes, tal y como se muestra en la ilustración siguiente, a partir de la OEPM (Oficina Española de Patentes y Marcas) para las Tecnologías de Mitigación del Cambio Climático (TMCC), donde se observa la caída de las patentes de todas las tecnologías, aunque la eólica sigue manteniendo una posición preponderante sobre el resto. Debido a estos procesos de ajuste de costes, las empresas no gastan tanto dinero en protección intelectual, siendo la mayoría de las innovaciones protegidas mediante secreto industrial, con el riesgo que esto conlleva.



Fuente: Oficina Española de Patentes y Marcas, O.A.
* El año 2019 comprende los meses de enero a octubre

Ilustración 3: Evolución del número de invenciones publicadas por sectores de TMCC
Fuente: OEPM

Aunque el desglose que se presenta a continuación es mayor, la innovación tecnológica se puede, por lo tanto, agrupar en cinco grandes temas:

- Reducción del coste de energía (LCOE)
- Mejora de la disponibilidad
- Integración segura de la tecnología en red confiable y segura
- Eólica marina flotante
- Sistemas integrados/mixtos de generación de electricidad

Estas serían también, a grandes rasgos, las líneas propuestas por ETIP WIND, Plataforma Eólica Europea, como no puede ser de otra forma dado el carácter global del sector:



Ilustración 4: Pilares de I+D
Fuente: AEE

En cualquier caso, todo pivota en la reducción del LCOE, para lo que, tal y como se observa en la ilustración siguiente, lo más importante es el incremento de producción, ligado al control y al aumento del rotor, y la bajada del CAPEX:

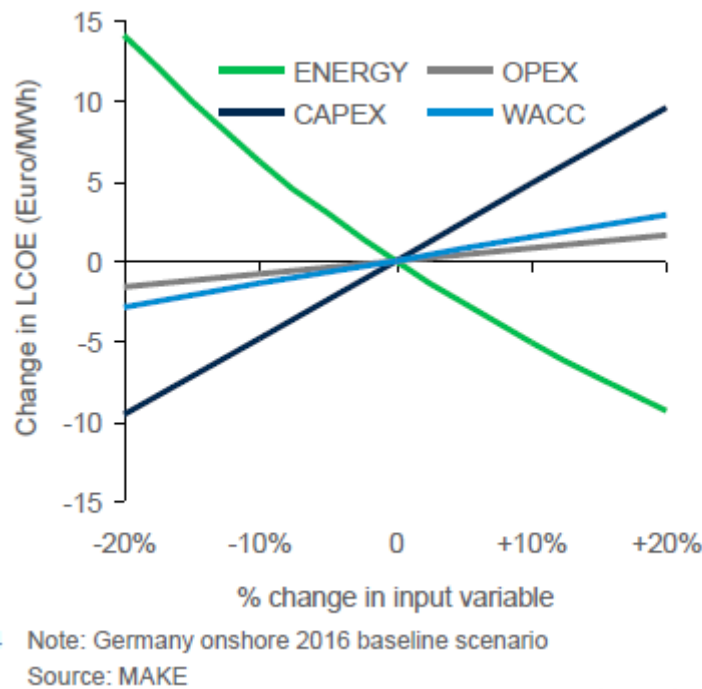


Ilustración 4: Sensibilidad del LCOE a diversos factores
Fuente: MAKE Consulting

La influencia de la innovación de las diferentes componentes se agrupa tal y como se refleja en la siguiente ilustración, a partir de la misma consultora:

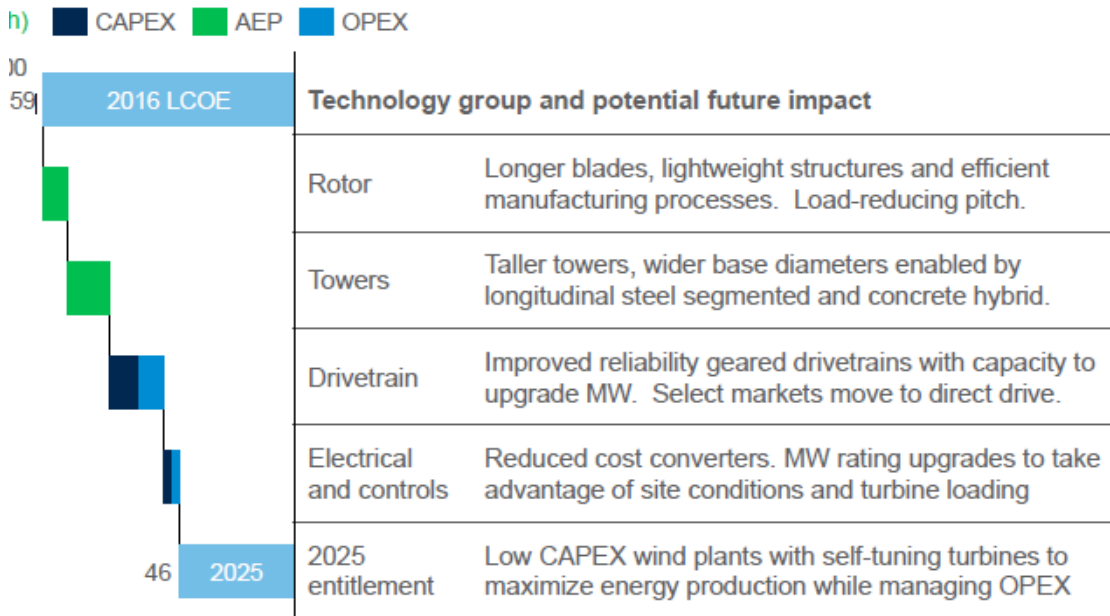


Ilustración 5: Reducción del LCOE, impulsa la innovación
Fuente: MAKE Consulting

Este documento se organiza con una presentación inicial de las líneas de innovación observadas por REOLTEC dentro del sector, a partir de la información aportada por sus miembros, para posteriormente contrastarla con los resultados públicos de patentes e innovaciones. El trabajo se complementa con la mención al papel que tiene la innovación en los diferentes Planes estatales.

2. Tendencias en la innovación eólica

Los principales rubros de investigación, para cumplir con las líneas de innovación mencionadas en el apartado anterior, son las siguientes:

2.1. Viento, mejora del conocimiento del comportamiento del viento y flujos en el entorno de los parques eólicos, disminución de incertidumbres

El mejor conocimiento del viento en los emplazamientos y en el entorno del parque eólico es clave para reducir las incertidumbres de evaluación de la producción y el subsiguiente coste de generación a lo largo de la vida del parque:

- Mejora de las medidas en condiciones complejas (alta turbulencia, componente vertical, terreno complejo).
- Disminución de las incertidumbres, incluyendo el uso de Lidar & Sodar, torres virtuales, uso de nuevos modelos teniendo en cuenta la venta de electricidad en el mercado mayorista de electricidad.
- Mejora de los modelos de modelización de las estelas, integración de los modelos con datos de parques en operación real.
- Predicción optimizada la producción uso del Big Data para el análisis operativo de los parques eólicos para la parametrización y realimentación de los modelos.

2.2. Palas, en general ligado al mayor diámetro para reducir el LCOE

Como no podría ser de otra forma, las palas concentran la mayor parte de la innovación en el sector, pues el incremento de tamaño es constante para aumentar la producción y reducir el coste de generación, lo que implica tanto el diseño, como el uso de nuevos materiales, como la introducción de nuevos procesos de fabricación:

- Nuevas configuraciones para incrementar el diámetro, reducir el peso e incremento de la velocidad de giro, sin afectar al ruido.
- Nuevas pinturas y revestimientos para climas fríos y reducir la erosión de los perfiles aerodinámicos (polvo, suciedad, degradación por humedad, etc.).
- Introducción del *machine learning*, big data e inteligencia artificial en la fabricación de palas con un cierto grado de automatización.
- Palas de perfiles flexibles o con al menos, el borde de ataque configurable en función del viento incidente.
- Inclusión de fibra de carbono y/o tecnologías de H-Glass en estructuras híbridas de palas.
- Materiales EM *stealth coating* y diseños específicos para limitar el impacto en radares y comunicaciones.
- Reducción de cargas, merced a sistemas de control aerodinámico (activos, pasivos o control adaptativo) así como diseños específicos a través de mejoras aeroelásticas.

- NDT automatizado y control de calidad de las juntas de unión de las palas.
- Nuevos conceptos para las juntas del encastre de las palas, modelización del ruido y nuevos conceptos de control de cambio de paso individual.
- Palas seccionadas.

Los defectos observados en la fabricación de las palas son mínimos, a pesar de seguir siendo un proceso con un fuerte contenido manual, existe un creciente interés en la fabricación de palas con materiales mixtos, ante el incremento del tamaño siendo el reto no incrementar costes.

Esta situación de presión en el tamaño del rotor está suponiendo, en muchos casos, la revisión de los criterios de certificación, lo cual puede tener implicaciones en la durabilidad de las componentes y, por lo tanto, en el objetivo de alargar la vida de las instalaciones.

2.3. Transmisión mecánica, orientada también a la reducción de costes y cargas, dado el elevado tamaño

Sin lugar a duda, es un tema clave debido al aumento del rotor de los aerogeneradores y el subsiguiente incremento de cargas, siendo, por lo tanto, el reto diseñar sistemas de transmisión que soporten las mismas sin incrementar ni el peso ni el coste de las máquinas. Algunas de las propuestas en este sentido son las siguientes:

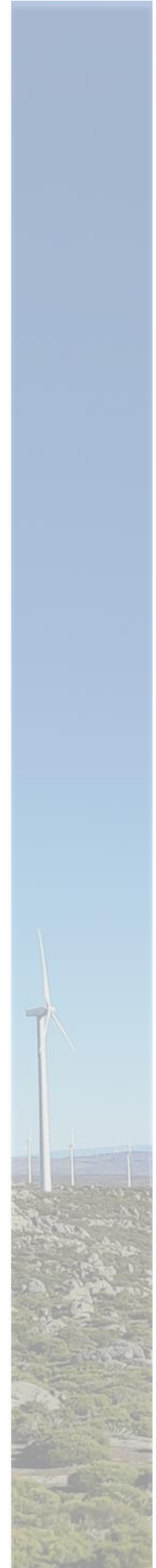
- Mejora de la disponibilidad y tratamientos específicos de endurecimiento del acero.
- Nuevas configuraciones de multiplicadoras compactas.
- Inclusión de conceptos innovadores de rodamientos como, por ejemplo, los *fluidic bearings* o eviten el *White Etching Crack*, ya sea por la vía del control o de la mejora de los materiales.
- Soluciones que posibiliten la modularidad de las multiplicadoras para el montaje en la góndola.

Dentro de este apartado estarían también las soluciones de *sliding bearing yaw systems* para la eliminación de los moto-reductores de orientación, siendo el control del rotor el encargado de cambiar la posición de la góndola por la diferente dirección del viento.

2.4. Digitalización

La digitalización es un elemento común y transversal a todos los fabricantes de aerogeneradores y componentes, con aplicaciones tanto en el diseño del aerogenerador, como en los procedimientos de certificación, como en el diagnóstico de las plantas, tal y como luego se comenta en la parte de mantenimiento. La digitalización resulta también clave en la mejora operativa de las máquinas a través de la puesta a punto de los sistemas de control:

- Mejora de la exactitud de los modelos y gemelos digitales, merced a la validación con situaciones reales y la retroalimentación de las herramientas.
- Establecer procedimientos de certificación basados en la digitalización.
- Integrar la digitalización en los procedimientos de fabricación aditiva.
- Desarrollo de sensores virtuales, basados en el escaneo de alta frecuencia suministrados por los aerogeneradores.



2.5. Control

Es uno de los temas clave para la reducción de costes, la optimización de la producción en función del recurso y la disminución de cargas en los aerogeneradores, tanto en funcionamiento normal, como en el arranque y en el *derating* a elevados vientos:

- Estrategias de control de WTG y WF para reducir las pérdidas operativas (arranque, ruido, etc.).
- Introducción de los controles adaptativos/predictivos.
- Estrategias de control WTG y WF para la reducción de la carga y la optimización de la vida útil, especialmente en caso de estelas.
- Sistemas centralizados de control de plantas, orientados a las VPP (*Virtual PowerPlants*).
- Control optimizado para la participación en servicios de ajuste in comprometer la vida útil de las plantas.
- Integración del control con los sistemas digitales para incrementar los ingresos de la planta, optimización del uso del almacenamiento para reducir cargas en caso de altos vientos.

2.6. Convertidores, que respondan a la minoración de cargas y los nuevos códigos de red

Unido a los nuevos códigos de red, incluido el arranque de cero y el aporte de inercia, la respuesta a los servicios de regulación, las plantas virtuales y los sistemas híbridos, son elementos clave de los futuros desarrollos de la electrónica de potencia incorporada a los aerogeneradores:

- Nuevos conceptos, soluciones redundantes y media tensión.
- Integración de filtros de potencia activa para la mejora de la calidad de energía.
- Configuraciones que permitan el arranque de cero.
- Soluciones avanzadas para el aporte de inercia.
- Convertidores de amplia gama para poder ser utilizados en el cumplimiento de los códigos de red y uso combinado con fotovoltaica.

2.7. Torres y cimentaciones, modularidad, disminución de peso y facilidad de montaje

Las torres y las cimentaciones suponen más del 30% del total del coste del aerogenerador y si bien se observa la tendencia a la estabilización en altura, frente al crecimiento del tamaño de las palas, sigue siendo importante la reducción de costes, la facilidad en el montaje e instalación:

- Nuevas configuraciones híbridas, acoplamiento de las secciones y dovelas, integración de sistemas de monitorización.
- Mejora de los sistemas de control integrados con nuevos materiales y dispositivos (amortiguadores de vibración) para torres flexibles de elevada altura.
- Sistemas de autoizado de torres.
- Nuevos conceptos de montaje, fijas y prefabricadas, nuevos conceptos para ciclos de larga duración.
- Cimentaciones modulares prefabricadas, con contrafuertes fabricados *in situ*, reducción de pesos y materiales.

Hay que tener en cuenta que el sector eólico ha manejado siempre criterios de seguridad muy conservadores, lo que puede estar en contradicción con la necesaria reducción de costes.

2.8. Mantenimiento, orientado al control de costes, garantía de disponibilidad de largo plazo y suministro de repuestos

El mantenimiento es clave para mantener la disponibilidad y la duración de las componentes, en un escenario de operación más flexible de las plantas, adaptadas a la volatilidad de los precios de las plantas *merchant*:

- Estandarización de componentes. Criterios y métodos para facilitar la intercambiabilidad de componentes clave y permitir el diseño modular.
- Mejorar la producción de energía del aerogenerador en condiciones de fallo, ya sea con sistemas redundantes, modos operativos a prueba de fallos o degradados.
- Mejorar el diagnóstico para las acciones de mantenimiento mediante la digitalización y el big data. Aplicación de big data para el procesamiento de la información, así como identificación de KPIs para la toma de decisiones para O&M.
- Mejorar las técnicas de O&M con mantenimiento predictivo, CMS y HMS.
- Soluciones sin grúa para el reemplazo y montaje de componentes grandes.
- Inspecciones no tripuladas o remotamente operadas, diagnósticos, supervisión de las reparaciones, etc.

2.9. Alargamiento de vida, más allá de la vida útil de diseño

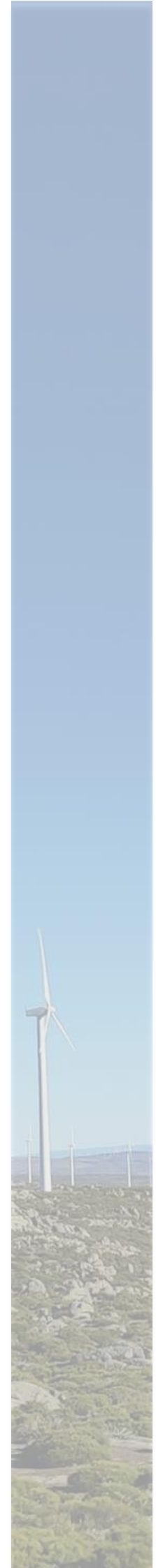
El alargamiento de la esperanza de vida útil hace que la innovación en el mantenimiento de las plantas adquiera una importancia fundamental:

- Análisis de la vida útil restante de los componentes clave de un aerogenerador.
- Desarrollo de herramientas de simulación y validación destinadas a prolongar la vida.
- Nuevas soluciones de monitoreo y modelos de vida remanente para permitir la extensión de la vida.
- Desarrollo de la extensión de la vida de un WTG hasta 40 años.

2.10. Optimización de los procesos industriales, logística y BOP

La optimización de los procesos industriales es clave, tal y como se ha comentado en el caso de las palas, pero también soluciones para favorecer el montaje de aerogeneradores y parques eólicos:

- Desarrollo de métodos mejorados para la fabricación, transporte, montaje y ajuste de componentes grandes (en funcionamiento y *ex-works*).
- Modelos de costes para la construcción de parques eólicos para diferentes mercados, dirigidos a la toma de decisiones de desarrollo.
- Procesos avanzados de fabricación aditiva (AM) para crear prototipos más rápidos y reducir el tiempo de comercialización.
- Nuevos diseños de góndolas para la integración de equipos elevadores y favorecer el trabajo del personal.



2.11. Repotenciación

La innovación se centra, fundamentalmente, en la mejora de componentes concretos, lo que se conoce como remaquinación parcial, además de analizar las implicaciones que tiene para un parque eólico la coexistencia de diferentes topologías de aerogeneradores, tanto en tamaño como en comportamiento eléctrico:

- Evaluación del flujo eólico en emplazamientos con tecnologías heterogéneas de turbinas eólicas (repotenciación parcial).
- Estandarización de las componentes clave, es decir, rodamientos, engranajes, etc. e imanes permanentes de sustitución/reacondicionamiento.
- Ingeniería inversa de componentes de fabricantes/modelos desaparecidos.

2.12. Integración en red, cumplimiento de los códigos de red e incluso adelantarse a posibles soluciones que supongan una mejora de la operación técnica del sistema

Tal y como se ha comentado en el apartado de convertidores, la integración en red va a ser uno de los elementos claves de la innovación futura del sector eólico:

- 100% de energía eólica gestionable, prestación de servicios auxiliares mediante tecnologías adicionales: almacenamiento (baterías, bombeo, almacenamiento térmico, hidrógeno, aire comprimido, etc.), electrónica de potencia, etc.
- Impulso de las soluciones híbridas, plantas virtuales.
- Soluciones para evitar armónicos.
- Modelización de la oscilación de la red interáreas para el desarrollo de soluciones tecnológicas específicas.
- Desarrollo de transformadores con tomas dinámicas de cargas.

2.13. Eólica marina

Este es un área donde se concentra gran parte de la innovación futura de la industria eólica europea y mundial, tal y como también es incorporado por la Plataforma europea ETIPWIND.

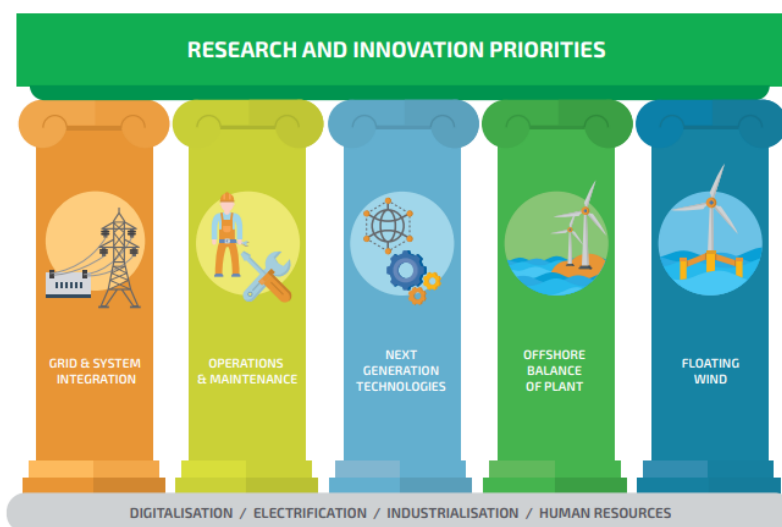


Ilustración 6: Pilares I+D
Fuente: ETIP Wind 2018

Algunas de las prioridades dentro del sector son las siguientes:

- Monopilotes cableados para reducir peso y coste, mejora de la estabilidad estructural, amortiguamiento de la carga de las olas y uso en diversos entornos.
- Sistemas flotantes de bajo coste y adaptados a diferentes entornos.
- Sistemas flotantes multiturbina.
- Utilización de generadores con superconductores de alta temperatura.
- Sistemas de comunicación y control entre aerogeneradores y con el centro de control.
- Uso de drones por máquina para el diagnóstico de estas.
- Acceso seguro de los trabajadores a través de rampas.
- *Moorings* con elementos de material elastomérico.
- Cubiertas *self healing* para los cables eléctricos.
- Controles avanzados para limitar las estelas.

Dada la complejidad de la eólica marina, el campo de innovación es muy amplio, aunque la dificultad de probar las diferentes soluciones recomienda siempre prudencia y estandarización de componentes.

2.14. Medioambiente, laminar los efectos sobre el medioambiente en comparación con otras tecnologías

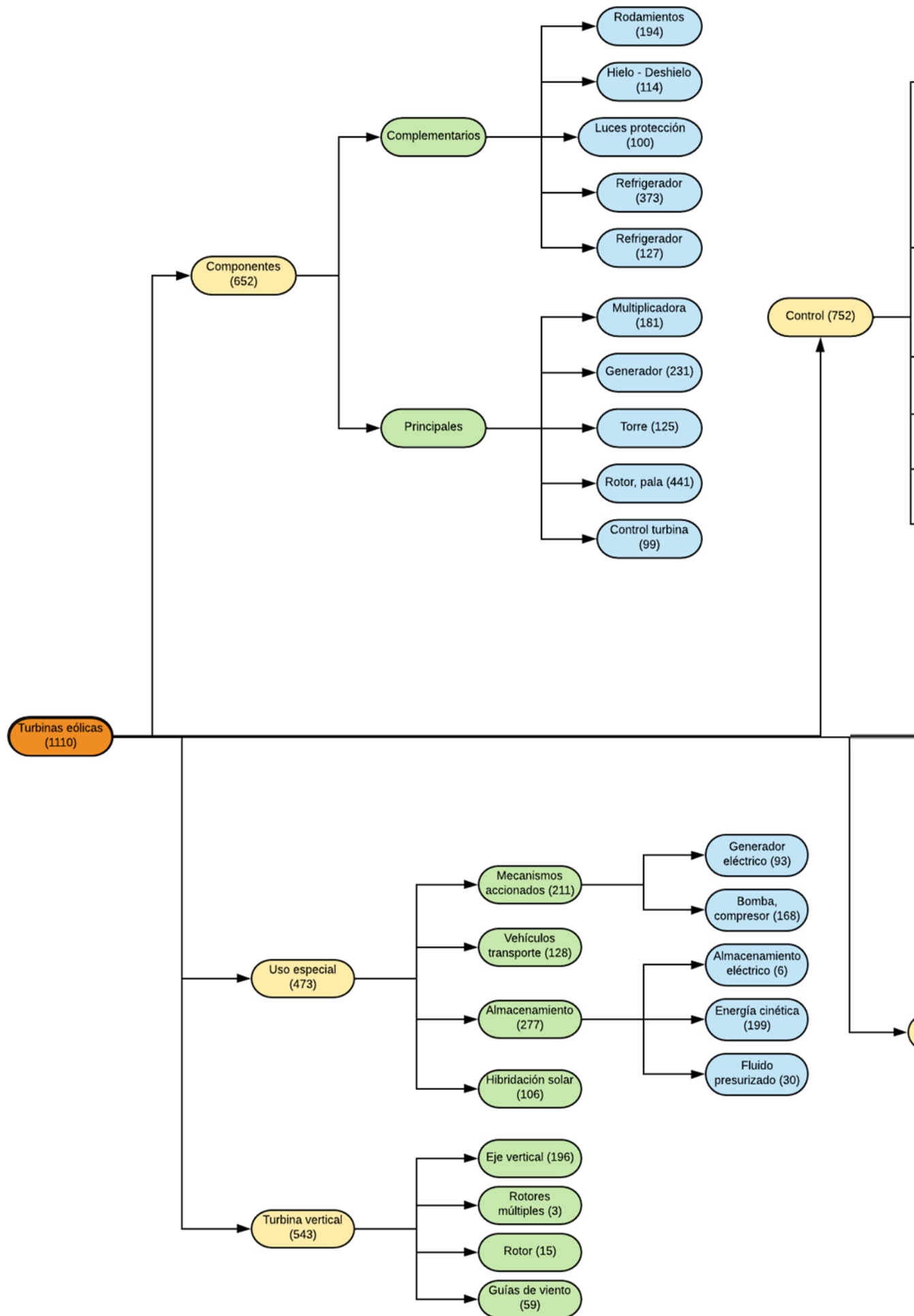
Sin duda, la mejora del impacto es importante y afecta a algunas de las soluciones aerodinámicas para disminuir el ruido, además de plantearse el reciclaje/recuperación de materiales y componentes:

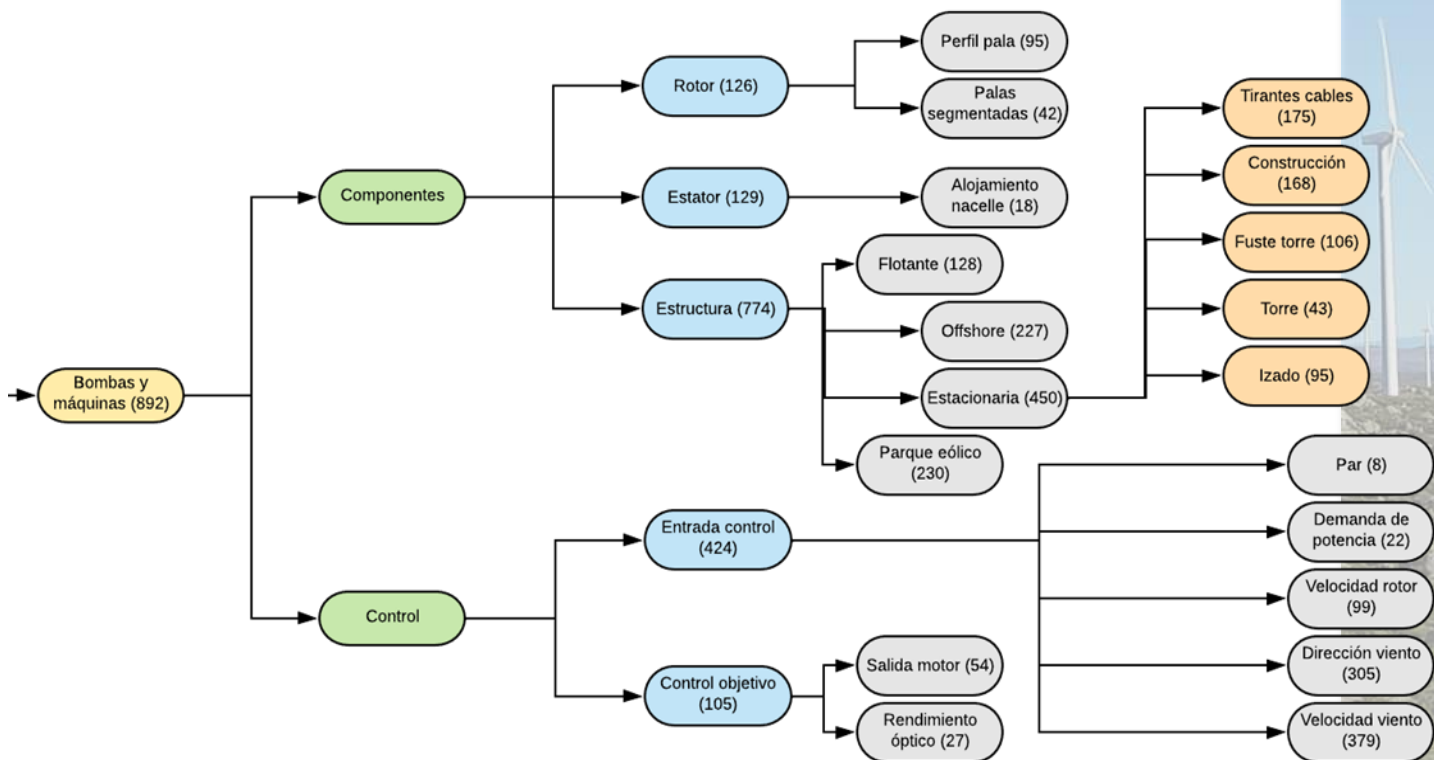
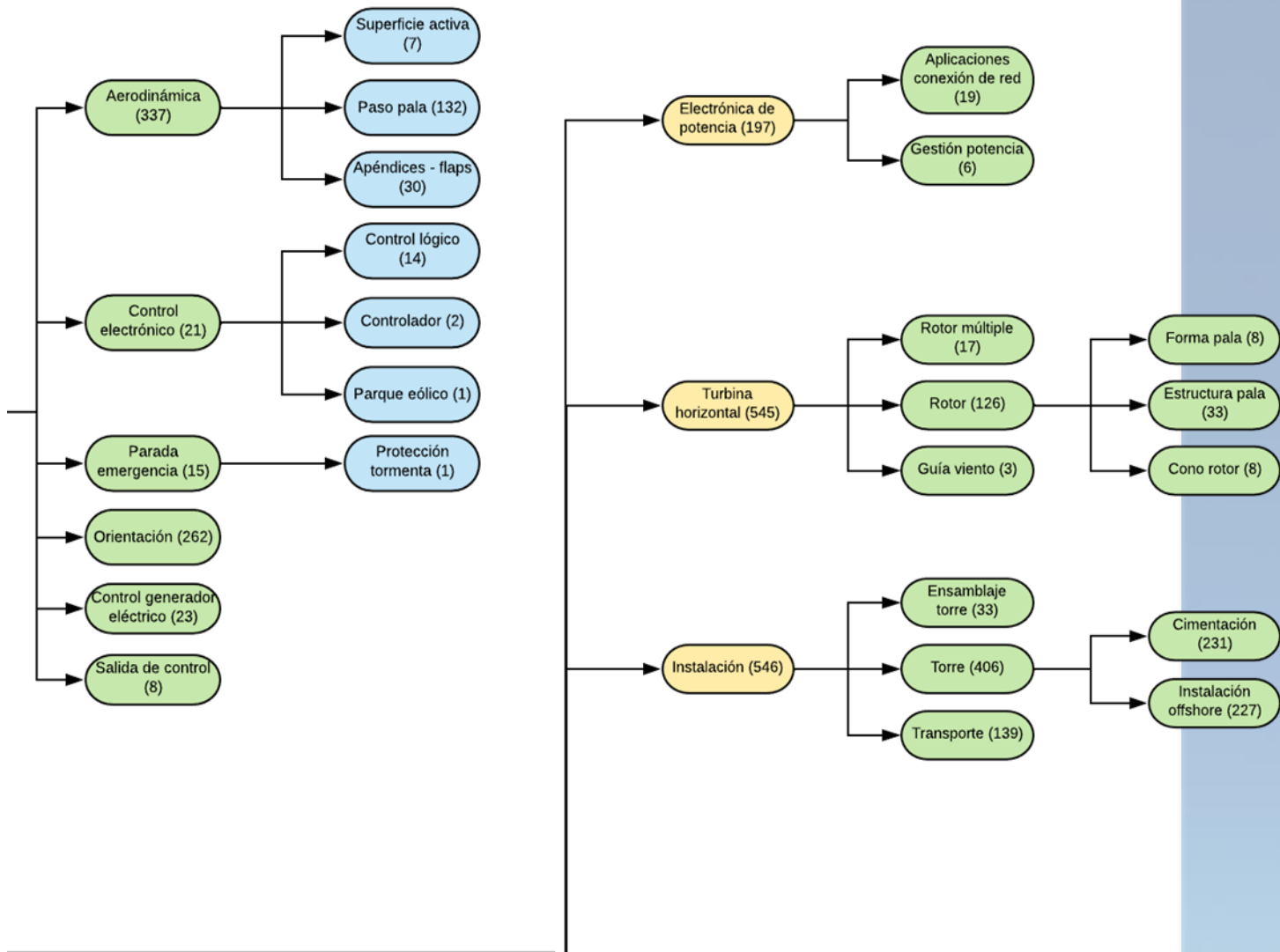
- Integrar a la eólica en la economía circular: reciclaje de los componentes del aerogenerador, especialmente las palas.
- Incorporación de soluciones para minorar impactos en aves y quirópteros.

3. Resultados del análisis de patentes

En general, las patentes e invenciones no están tan desarrolladas como en las líneas de innovación mencionadas, pero teniendo en cuenta los estudios desarrollados en la franja temporal de los años 2018 y 2019, se han filtrado las principales tendencias de innovación en el sector eólico, pudiendo establecerse una cierta correlación con las líneas anteriores.

Sobre el análisis de las patentes del periodo 2018-2019, se ha desarrollado una búsqueda taxonómica de las principales áreas de trabajo e innovación del sector eólico. El siguiente esquema recoge las relaciones entre cada una de las áreas y la evolución de cada uno de los componentes, así como el número de veces que es citado:





En la siguiente tabla se pueden ver las temáticas principales de las patentes concedidas en los años 2018 y 2019:

Tecnología	Número de patentes
Control	752
Cargas	724
Estructura	305
Marina	227
Red	211
Extensión de vida	195
Ruido	165
Dinámica	75
Entorno (atmosférico)	71
Aerodinámica	33

Tabla 1: Relación de áreas de innovación en las patentes concedidas del periodo 2018-2019
 Fuente: TotalPatent One y elaboración REOLTEC

Como se puede apreciar en los resultados, las principales áreas de innovación en estos dos últimos años son creaciones desarrolladas en torno al control del aerogenerador, así como el conocimiento y reducción de las cargas a las que trabaja la máquina. En el caso del control, el objetivo final es aumentar la captura de energía, aumentando el rendimiento económico de la instalación, mientras que, en el caso del control de cargas, la monitorización del aerogenerador (gemelo digital) favorece la reducción de costes, puesto que se puede conocer de forma precisa el estado de la máquina, vital para optimizar las labores de mantenimiento, acciones correctivas y márgenes de operación segura.

A continuación, se desarrollan de manera particularizada cada uno de los términos analizados en la vinculación de las patentes concedidas en el periodo de 2018-2019 con las principales áreas de innovación del sector eólico.

3.1. Control

La mayor actividad innovadora del sector viene determinada por el control de los equipos debido a que se trata de la parte fundamental en el desarrollo de la tecnología en cuatro aspectos:

- Incremento del tamaño de rotor.
- Sistemas de control alternativos al fabricante.
- Búsqueda de los equipos autónomos de la red.
- Marina.

3.1.1. Incremento del tamaño de rotor

La evolución constante de los diámetros de rotor, con el incremento de la potencia que esto conlleva, se puede señalar como una de las innovaciones principales del sector. Además de la correspondiente evolución de los materiales, y en el cálculo de cargas (apartado que veremos más adelante), el principal causante de este crecimiento es el control de la máquina.

El control de paso individual de las palas permitió a la energía eólica crecer en dimensiones y potencia gracias a una distribución menor de cargas, por lo que los nuevos sistemas de control en búsqueda de un refinamiento mayor aún de estas cargas.

3.1.2. Control alternativo al fabricante a través de algoritmos en el PLC

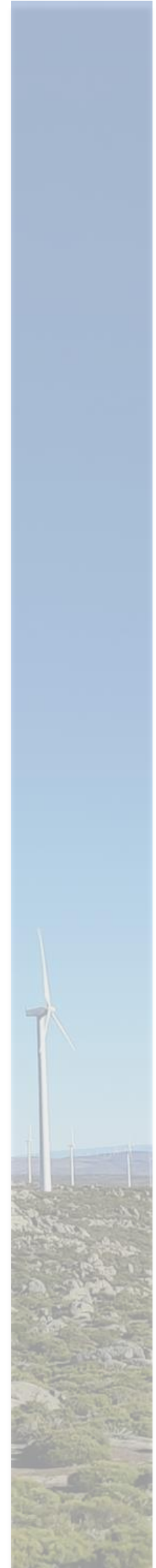
Uno de los campos que mayor peso está teniendo dentro del sector, y que en muchos casos está creando una revolución en cuanto al modelo de negocio y al posicionamiento de muchas compañías, es el relacionado con el de la sustitución o duplicación de la placa de control (PLC) del fabricante.

En este campo, la mayoría de la actividad patentadora se está desarrollando en cuanto al uso de diferentes tecnologías de sensores enfocados a la captura de datos, sistemas de transmisión de éstos, así como la recogida de datos, siendo uno de los campos más desarrollados este último, en el cual se plantean sistemas más amplios que el tradicional y universal SCADA, o el CMS utilizado por algunas compañías.

Estos nuevos PLC deben cubrir las garantías del anterior control proporcionado por el fabricante a pesar de que se modifiquen algunos parámetros de funcionamiento de la máquina, pero por encima de estas modificaciones enfocadas en aumentar la captura de energía del equipo está la seguridad de la estructura.

3.1.3. Equipos autónomos

La implantación de la industria 4.0 también se hace notar en el sector eólico. Gran parte de la innovación se centra en el desarrollo de aplicaciones y sistemas de digitalización de la información, a pesar de que estas herramientas no son patentables, sí que se han visto incrementado el número de patentes en las cuales se hace referencia a algoritmos para la gestión de operaciones.



Este tipo de innovación se dirige hacia la consolidación de equipos autónomos, cuya dependencia de una sala de control o un operador remoto sea menor, puesto que en base a los datos recogidos por los sistemas de adquisición y los algoritmos que se están protegiendo, se genera un control autónomo de la máquina, y por consecución, del parque, a través de un sistema de decisión.

3.1.4. Emplazamientos *offshore*

La tecnología eólica presenta una clara tendencia de crecimiento hacia emplazamientos *offshore*. Esto implica una mejora notable en los costes de mantenimiento y operación, puesto que el acceso a estas instalaciones por parte de los operarios es mucho más caro y complicado que en emplazamientos *onshore*.

Por ello, los aspectos analizados anteriormente, como la implementación de nuevos PLCs y el desarrollo de los equipos autónomos va encauzada en esta línea de trabajo.

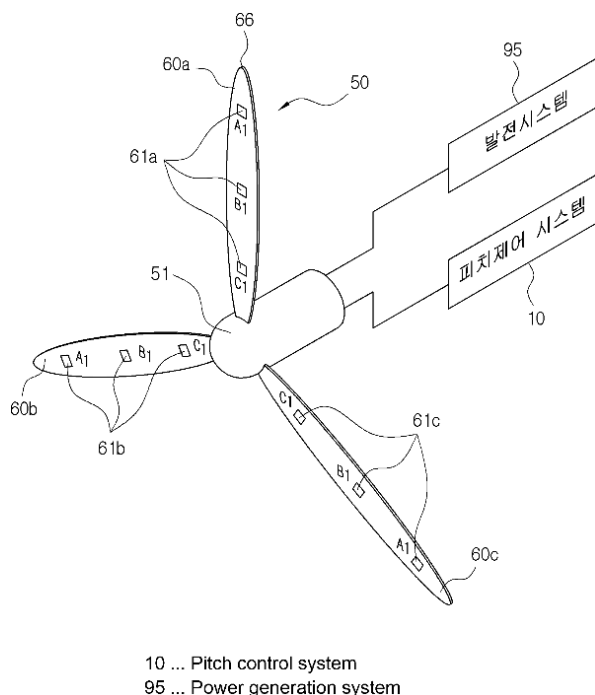


Ilustración 7: Patente WO2019209036A1 - Sistema de control de paso a través de sensores de presión
Fuente: TotalPatent One

3.2. Cargas

La reducción de cargas estáticas y dinámicas de los aerogeneradores está directamente relacionada con el desgaste de los diferentes componentes, así como en la rotura prematura debida a cargas extremas. Es por ello por lo que uno de los mayores esfuerzos en lo que a innovación se refiere se centra en reducir las cargas a las que está sometido el aerogenerador para aumentar la vida de los diferentes compuestos.

En este campo, las principales acciones patentadoras pasan por el nuevo diseño de estructuras, componentes aerodinámicos, nuevas configuraciones de multiplicadoras compactas y sistemas

de reducción de ruido que además generan una disminución en la carga equivalente del aerogenerador.

3.2.1. Cargas dinámicas

Al aumentar el tamaño de los equipos, las cargas dinámicas son mayores, lo que supone un incremento en el coste de fabricación al tener que reforzar con más material, o con materiales que aguanten estas nuevas exigencias. Por otro lado, este exceso de cargas, de igual manera, genera un desgaste mayor de los componentes del aerogenerador en comparación con los equipos de menor potencia.

Por ello, las innovaciones que se desarrollan en cuanto al control de las cargas dinámicas están centradas en los siguientes elementos:

- Sistemas de transmisión mecánica: a través del uso de aceros más duros, nuevas configuraciones de multiplicadoras compactas, rodamientos con mayor deslizamiento.
- Reducción del desgaste de los equipos de acción dinámica, sistemas de paso y de orientación, a través de la incorporación de nuevos materiales bajos en fricción, nuevos aceites de lubricación, diseños de filtros de estos aceites y procedimientos sobre la sustitución y optimización en los procesos de mantenimiento.

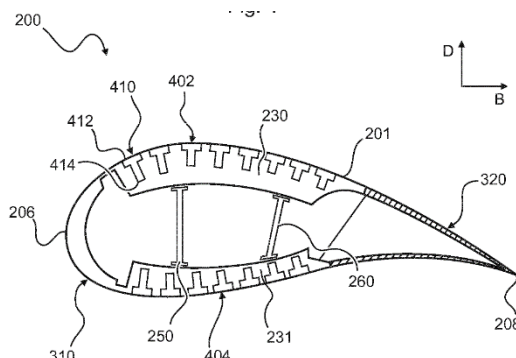


Ilustración 8: Patente WO2019158324A1 - diseño de un perfil de pala ranurada
 Fuente: TotalPatent One

3.3. Estructura

En lo que respecta a la estructura, la mayor actividad analizada en el estudio de las patentes es debida a la búsqueda de la reducción de cargas. Se han encontrado propuestas para nuevos sistemas de paso (*pitch*), sistemas de orientación (*yaw*), familias de perfiles aerodinámicos, así como nuevos planteamientos de cimentaciones.

Otro de los campos que aparecen en este apartado de forma reseñable es la tecnología *offshore*, que se analizará posteriormente.

Además, en esta temática se han observado un porcentaje elevado de documentos que hacen referencia a nuevos equipos de generación eólica, ideas desarrolladas en su mayoría por particulares o universidades, en los cuales se trazan todas las características para la viabilidad de estos nuevos planteamientos de aerogeneradores, como, por ejemplo:

- Concentradores de corrientes de viento.
- Equipos productores de electricidad sin palas ni rotor.
- Equipos articulados alternativos enlazados a un sistema de giro.

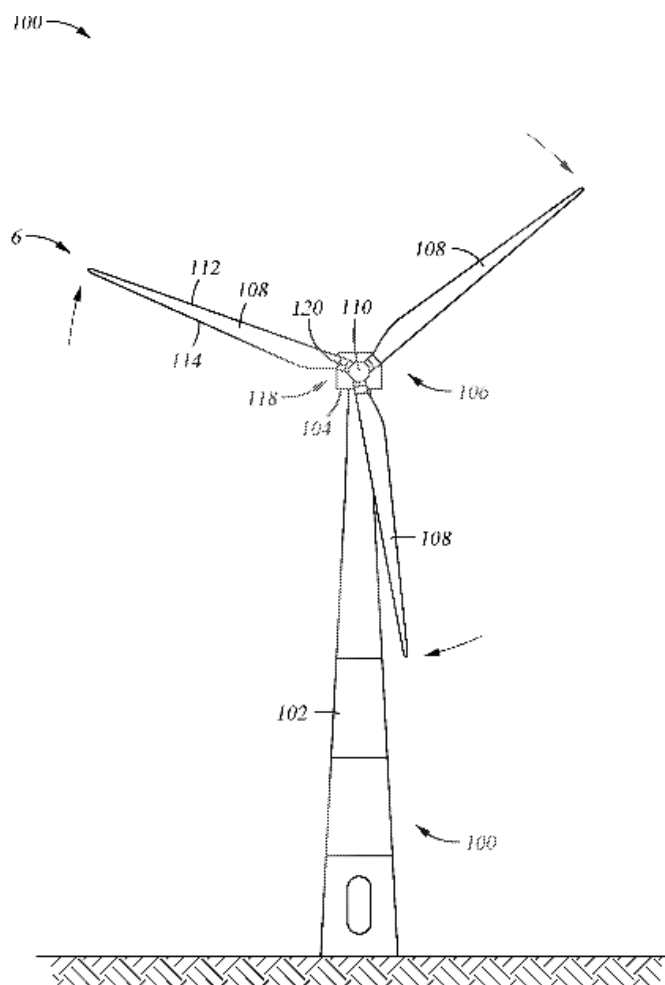


Ilustración9: Patente WO2019114897A1 - torre con amortiguación
Fuente: TotalPatent One

3.4. Eólica Marina

La mayor actividad innovadora en cuanto a la tecnología *offshore* se centra en el diseño de nuevas estructuras, la amplia mayoría centradas en el desarrollo de los flotadores y equipos auxiliares, teniendo gran incidencia en este apartado los equipos eléctricos (transformadores y generadores), así como la adaptación de la tecnología existente para lograr la viabilidad técnica a la par que una reducción de costes.

Las patentes analizadas en cuanto a los flotadores ofrecen soluciones muy diversas: desde profundos brazos que actúan como péndulos amortiguadores, a modo de “tenteso”, hasta grandes superficies horizontales para mantener el equilibrio de cargas de la máquina. La mayoría de estas propuestas buscan solucionar el problema de la flotabilidad a la par que generar estabilidad en la estructura.

La incidencia de las estructuras basadas en las técnicas actuales de construcción de un parque eólico *offshore*, basadas en pilotes, ha tenido cierta actividad, pero ha quedado ensombrecida debido al desarrollo de los equipos flotantes.

Por último, también se ha visto una influencia del mantenimiento en este apartado, a través de algunas solicitudes realizadas por fabricantes en torno a equipos marinos para trasladar personal a los aerogeneradores o soluciones en los accesos, de manera que puedan simplificar y facilitar las tareas de mantenimiento reduciendo los riesgos laborales.

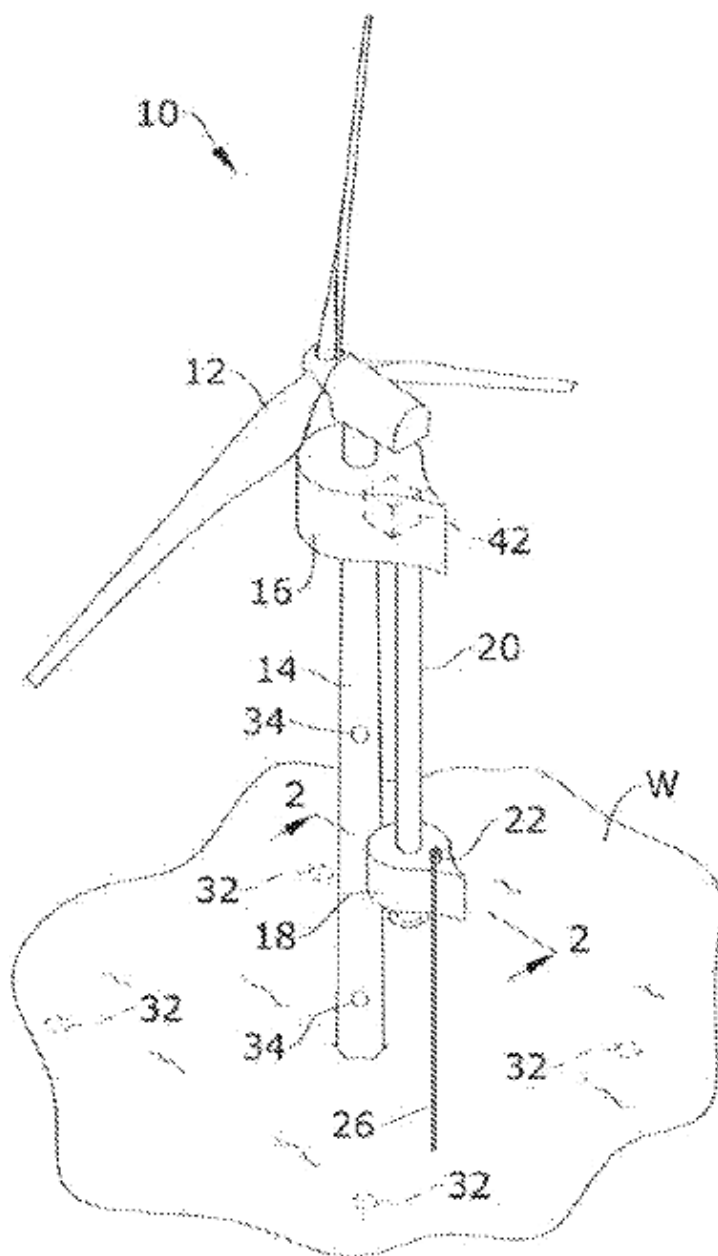


FIG. 1

Ilustración 10: Patente WO2019089834A1 - sistema estabilizador para turbinas eólicas flotantes

Fuente: TotalPatent One

3.5. Red

En este campo, la innovación se desarrolla principalmente en torno a las siguientes vías:

- Convertidores electrónicos que respondan a las necesidades del sistema.
- Sistemas de almacenamiento y gestión de la energía entre los que se incluyen baterías y filtros de potencia activa.
- Configuraciones del control del aerogenerador que aporten inercia al sistema.

La mejora de la conectividad de los aerogeneradores con la red eléctrica es un punto clave para asegurar el crecimiento de la tecnología eólica dentro del mix eléctrico. Los objetivos principales de estas innovaciones son proporcionar mayor estabilidad en la inyección de energía en el sistema, gestionar las características de la red eléctrica a través de la gestión de la producción en mercados de regulación, y ser capaces de almacenar energía en los picos de producción para inyectarla al sistema en los picos de máximo consumo a un precio mayor.

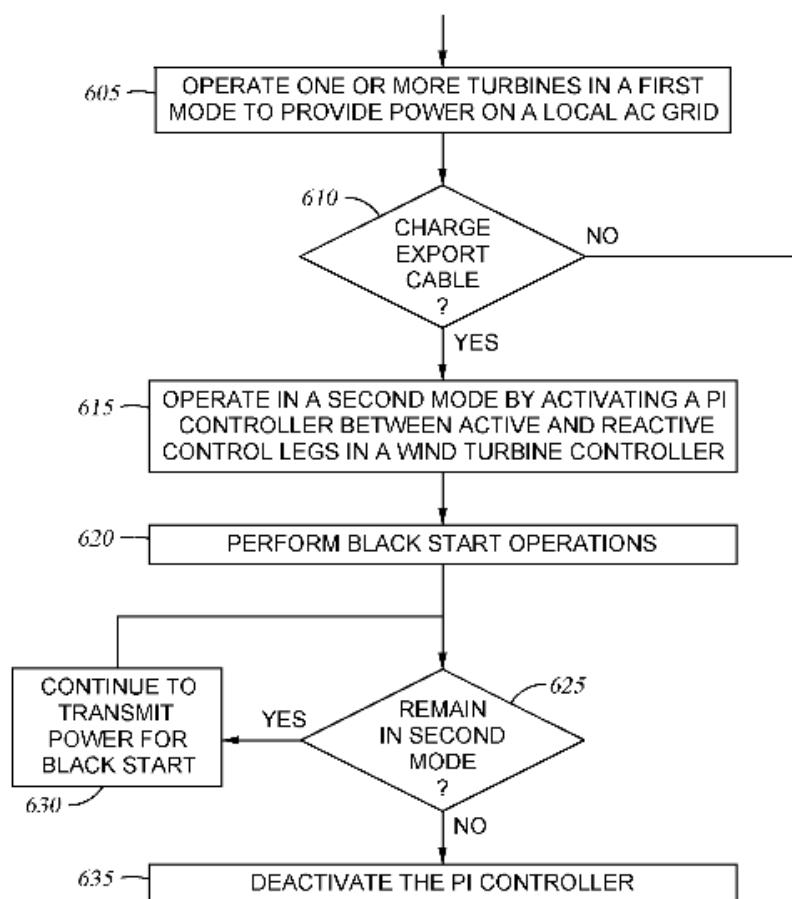


Ilustración 11: Patente WO2019145006A1 - lazo de operación de control de la operación de las turbinas conectadas a red. Fuente: TotalPatent One

3.6. Extensión de vida

En cuanto a la extensión de vida de los aerogeneradores y parques eólicos, las patentes que se han analizado profundizan en el análisis de la vida remanente de los equipos a través de algoritmos y software especializado, así como nuevos sistemas de monitorización de turbinas y parques eólicos con el objetivo de replicar el comportamiento físico en software de simulación, empleando para ello el gemelo digital.

También se han encontrado propuestas sobre nuevos procedimientos de mantenimiento, recubrimientos y pinturas para palas, incluso la reparación a través de la nueva generación de materiales en la mayoría de los componentes de la máquina con el objetivo de fortalecer estos puntos débiles, reducir las averías, así como las posteriores labores de reparación.

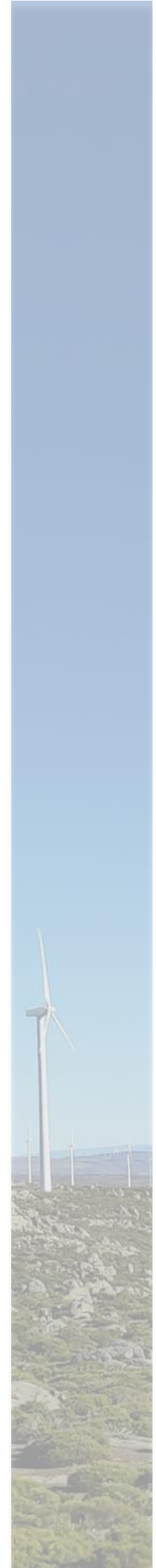
Todas estas propuestas están encaminadas a determinar de la manera más precisa la vida remanente de los equipos a pesar de haber sido diseñados para una vida de 20 años, se ha demostrado que muchos aerogeneradores pueden alcanzar los 30 años de vida, y se está trabajando en que las turbinas sean capaces de superar hasta los 40 años.

3.7. Ruido

Al aumentar la longitud de las palas y el tamaño del rotor, aumenta la velocidad en punta de pala, y con ello el ruido que generan los equipos. Es por ello por lo que el problema del ruido es uno de los factores de mayor interés de estudio, y con ello, que más necesidades tiene para ser resuelto.

Los estudios en torno al fenómeno del ruido se dividen en ruido aerodinámico y ruido mecánico:

- Ruido aerodinámico: el desarrollo de nuevos perfiles aerodinámicos no está monopolizado por el aumento del coeficiente de potencia o una mayor captura de energía. Se desarrollan nuevos perfiles con el objetivo de que estos se adapten a diferentes entornos, de manera que se puedan construir parques en entornos más cercanos a poblaciones u otras instalaciones existentes, reduciendo el impacto acústico y sin una pérdida en la generación de energía.
- Una alternativa a estos perfiles aerodinámicos son los apéndices, como las bordes de salida dentados, *winglets*, o generadores de vórtices, que, además de favorecer un aumento en el coeficiente de potencia, en algunos casos tienen efecto favorable en lo que a reducción de ruido concierne.
- Ruido mecánico: el desarrollo del paso individual de pala, así como la mejora en el sistema de seguimiento eólico, ajustando la orientación de la turbina siempre en el punto óptimo de la dirección, han aumentado el número de operaciones de estos dos sistemas, y, con ello, el ruido que generan, puesto que los elementos del tren de potencia son más fáciles de aislar gracias a su posición en la góndola. Es por ello por lo que la innovación desarrollada pasa por nuevos motores y sistemas hidráulicos, con el uso de nuevos materiales, así como equipos compactos, a pesar del aumento del



tamaño de estos elementos, que permitan al equipo operar en opciones óptimas, reduciendo el ruido al reducir el entorno de la zona de acción.

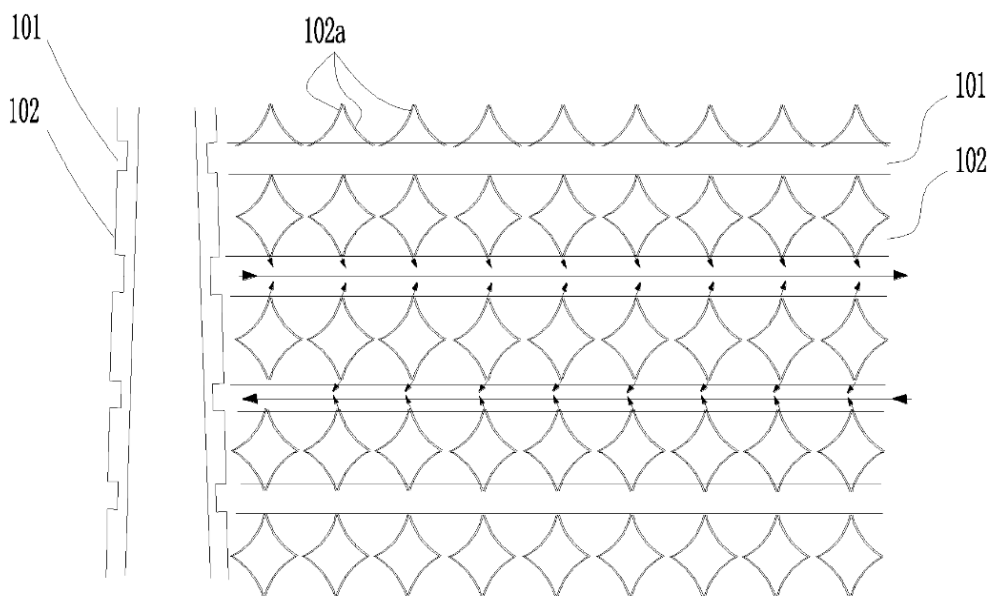


Ilustración 12: Patente WO2019047537A1 - recubrimiento con generadores de vórtices para reducir la vibración y ruido. Fuente: TotalPatent One

3.8. Recurso

En lo que concierne al recurso, se hace hincapié en:

- Mayor conocimiento del recurso de forma predictiva, a través de algoritmos y simulaciones que determinan la cantidad de energía disponible en el parque eólico con mayor antelación que la actual, a través de sistemas LIDAR y SONAR instalados en diferentes partes del aerogenerador, en función del fabricante que propone la tecnología.
- Mejora en las torres meteorológicas, tanto en la precisión de los datos a través de nuevos planteamientos de anemómetros sin partes móviles, como reducción de coste de estas instalaciones y de las campañas de medida.
- Algoritmos y programas de simulación para definir emplazamientos potenciales de parques eólicos, a través de estudios previos a las campañas de medición de recurso, a través de software de información geográfica y simulaciones fluidodinámicas en el terreno explorado, desarrollando herramientas de cálculo conjuntas.
- Algoritmos de cálculo de estelas y de interferencias entre máquinas en función del emplazamiento y del recurso eólico existente, a través del conocimiento de máquina y del uso de Big Data para el análisis operativo de los parques, implementando un control en tiempo real.

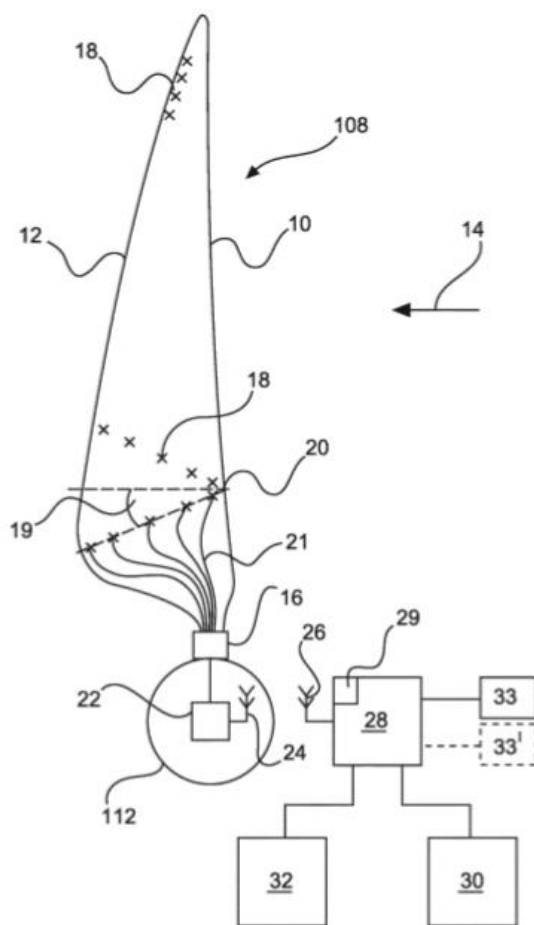


Ilustración 13: Patente WO2019068606A1 - sensores de presión para monitorizar el recurso en tiempo real. Fuente: TotalPatent One

3.9. Aerodinámica

En el ámbito aerodinámico, el desarrollo e innovación se da en los siguientes aspectos:

- Palas: se desarrollan nuevos perfiles aerodinámicos, con ventajas en la sustentación y con el objetivo de aumentar el coeficiente de potencia, pero la complejidad de ver estas patentes comercializadas en los nuevos modelos de máquinas dependerá de la complejidad que estos nuevos diseños supongan al proceso de fabricación, puesto que una complicación en la cadena de trabajo supondría un aumento en el coste de los equipos mayor al beneficio económico de ese aumento en la captura de energía. Además de nuevos perfiles aerodinámicos para aumentar el coeficiente de potencia, se trabaja en apéndices aerodinámicos, tales como *winglets*, *vortex generators* o estrías en el borde de ataque, que permiten un ligero aumento del coeficiente de potencia. Al igual que sucede con los perfiles aerodinámicos, su visibilidad en el mercado dependerá del coste económico de su fabricación y el retorno de este incremento de coste en función del incremento en la producción de energía.

- **Góndolas:** la compactación de los equipos del tren de potencia (multiplicadora y componentes eléctricos) facilita el nuevo diseño de góndolas más pequeñas, así como una mayor libertad de diseño con el objetivo de reducir la interferencia de esta parte con su propio rotor, y reducir la estela de viento, de manera que éste pueda ser aprovechado por los aerogeneradores que le siguen.
- **Torre:** en este campo, la innovación es menor, pero se plantean nuevos diseños de torre que reducen el impacto aerodinámico sobre la carga del aerogenerador, así como la reducción de la estela.

3.10. Minieólica

En lo que concierne a la mini y microeólica, las patentes que han sido aprobadas tratan en su mayoría de sistemas de hibridación con tecnología fotovoltaica. En estos casos, se tratan de equipos equivalentes en líneas generales a las grandes máquinas, normalmente de eje horizontal, siendo la parte eléctrica la más concreta en cuanto a las solicitudes de protección intelectual.

Es importante destacar que solamente en las patentes que hacen referencia al sistema eléctrico, generalmente aquellas conducidas hacia la hibridación de la tecnología eólica con la solar fotovoltaica, se refiere a una potencia concreta para clasificarlas como turbinas mini y microeólica.

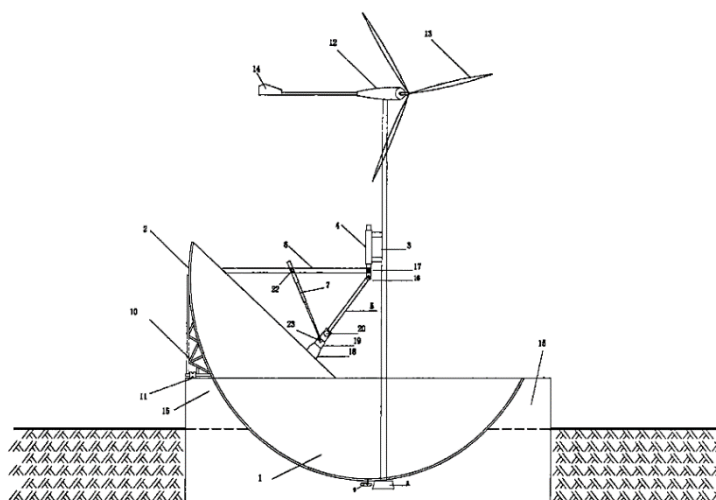


Ilustración 14: Patente WO2019046988A1 - Instalación híbrida eólica y solar de concentración
Fuente: TotalPatent One

3.11. Nuevos diseños

En este punto se incluyen los nuevos sistemas propuestos de generación eléctrica:

- Nuevos diseños de equipos horizontales, a través de rotores de una sola pieza, rotativos, y con sistema de auto orientación.

- Diseños de equipos de eje vertical de sustentación, tipo Darrieus, a través de la implementación de nuevos perfiles aerodinámicos, así como sistemas de cobertura de rotor o sistemas de bielas que hacen cambiar la longitud de las palas y aumentar o reducir la superficie de trabajo para mejorar la eficiencia general del equipo en la zona del rotor que no está trabajando (parte del rotor que se mueve en contra del sentido del viento).
- Equipos de oscilación o vibración, sin rotor o palas, con y sin partes móviles, con generación eléctrica.
- Equipos de principio de funcionamiento alternativo-rotativo, similar a los motores de combustión.

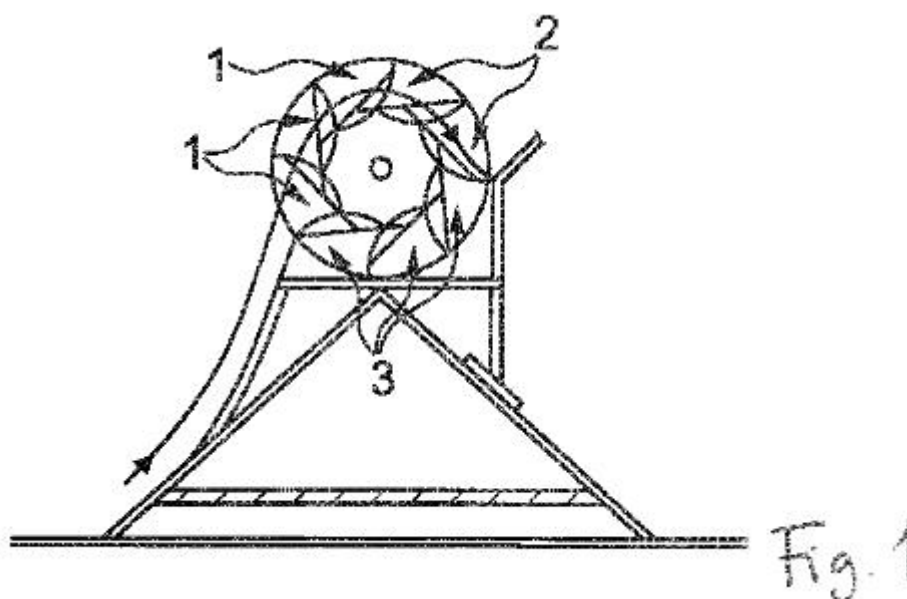


Ilustración 15: Patente WO2019034655A9 - nuevo diseño de turbina eólica
 Fuente: TotalPatent One

4. Evolución de las patentes por componentes y años

En cuanto a las patentes por componente, estas llevan una secuencia semejante al total de las patentes, aparición y lento incremento hasta el año 2000, rápido crecimiento hasta un máximo en 2010 y posterior reducción por el efecto de la crisis económica mundial.

A partir de 2005, se produce el despegue del número de solicitudes de patentes, coincidiendo con el momento de bonanza de la economía mundial y considerando un desfase de dos años que ese produce entre el registro de la solicitud y la publicación de esta. En 2011, se produce un máximo de número de solicitudes registradas y, a partir de ahí, se produce un descenso debido a la crisis económica de 2008-2009.

El componente que mayor número de solicitudes recibe es la pala (rotor), seguido del control de la turbina, componentes que tienen la mayor influencia en la captura de energía y cargas del aerogenerador y cuya optimización afecta al coste del resto de componentes.

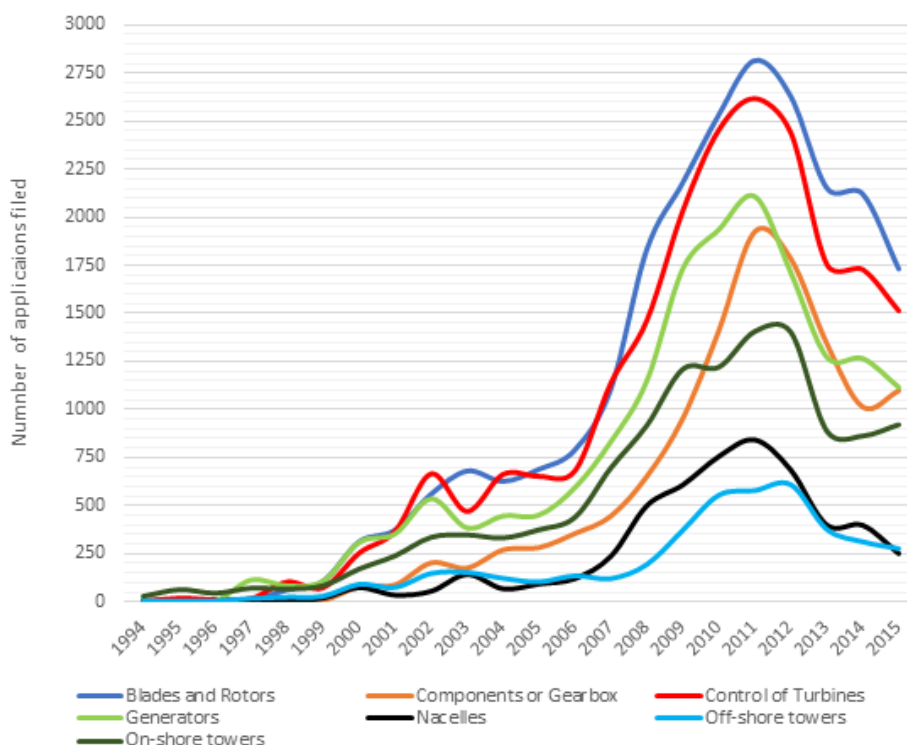


Ilustración 16: Número de solicitudes de patentes solicitadas por año en las diferentes clasificaciones para la eólica (datos hasta 2015). Fuente: Potte Clarkson

5. Actores clave en las patentes

La energía eólica presenta un buen ejemplo del poder de una patente en el desarrollo de una tecnología en la patente *US 5083039 Variable Speed Wind Turbine, Richardson y Erdman 1992*. La mencionada patente describe cómo realizar un aerogenerador de velocidad variable mediante el uso de un convertidor de frecuencia, mejora que permite incrementar la captura de energía alrededor de un 10%, comparado con aerogeneradores de velocidad fija, aplicada a los aerogeneradores de Kenetech.

Cuando en 1995 Enercon llega a un acuerdo con Westinghouse para comercializar sus aerogeneradores de velocidad variable en EE. UU., se encuentran con la oposición de Kenetech y, posteriormente, Zond. Las distintas demandas, salpicadas de acusaciones de espionaje a través de la red Echelon, se zanjaron a favor de Kenetech/Zond, bloqueando el acceso de máquinas Enercon al mercado norteamericano.

Los derechos de la patente 508039 pasaron de Kenetech a Zond, posteriormente a Enron y finalmente a GE, facilitando que esta compañía tuviera una posición dominante en el mercado estadounidense.

Esta situación tuvo varias consecuencias: Vestas desarrolló la tecnología basada en el deslizamiento del rotor del generador (RCC) y Enercon muestra una gran actividad en el registro de patentes comparada con el tamaño relativo de la empresa, claramente influenciada esta estrategia por los enfrentamientos acontecidos.

Tradicionalmente, la innovación ha sido liderada por los grandes fabricantes eólicos: General Electric, Enercon, Siemens Gamesa y Vestas. El resto de los fabricantes de aerogeneradores como Senvion, Goldwind o Nordex, o de fabricantes y diseñadores de componentes, Mitsubishi, Hitachi o LM, siguen de lejos a los principales tecnólogos.

Este hecho se debe principalmente a que, al manejar el tecnólogo de forma transversal todos los componentes, su conocimiento de la tecnología es mayor en conjunto, dejando solamente la innovación de algunos aspectos particulares y muy específicos a los fabricantes de componentes o pequeños diseñadores.

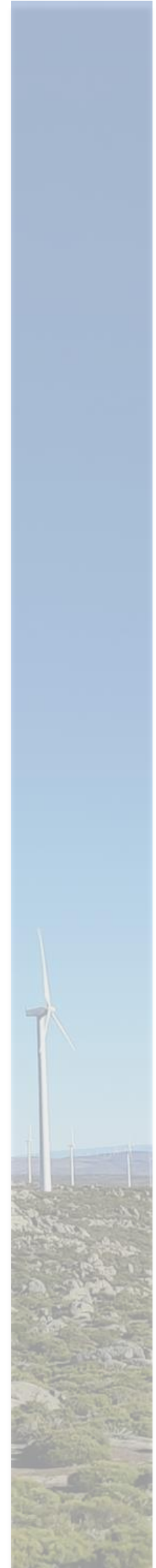
Cabe destacar que los fabricantes en muchas ocasiones, a pesar de que deleguen en algún proveedor la fabricación de los componentes, en todos estos casos la protección intelectual (y en la mayoría de los casos exclusividad de servicio de los proveedores) es propiedad de la empresa contratante.

Patent Holder	# Total Applications
GE	4,478
WOBLEN (ENERCON)	4,270
SIEMENS GAMESA	4,196
VESTAS	3,646
MITSUBISHI	1,373
SENVION GMBH	1,267
STATE GRID CORPORATION OF CHINA (SGCC)	777
HITACHI	653
GOLDWIND	549
NORDEX ENERGY GMBH	532
LM WP PATENT HOLDING AS	472
LM GLASFIBER AS	391
SAMSUNG	351
ALSTOM	286

Tabla 2: clasificación histórica de fabricantes de turbinas y componentes eólicos.

Fuente: Potte Clarkson

Durante los años 2018 y 2019, como se puede ver la ilustración siguiente, la empresa con mayor actividad innovadora fue Vestas, cuando históricamente era el último de los grandes fabricantes en la clasificación. Este ascenso es debido a que, en la carrera de la innovación, estaba en una posición de desventaja respecto a su competencia, por lo que es lógico que proteja sus equipos y diseños como previamente han hecho los competidores.



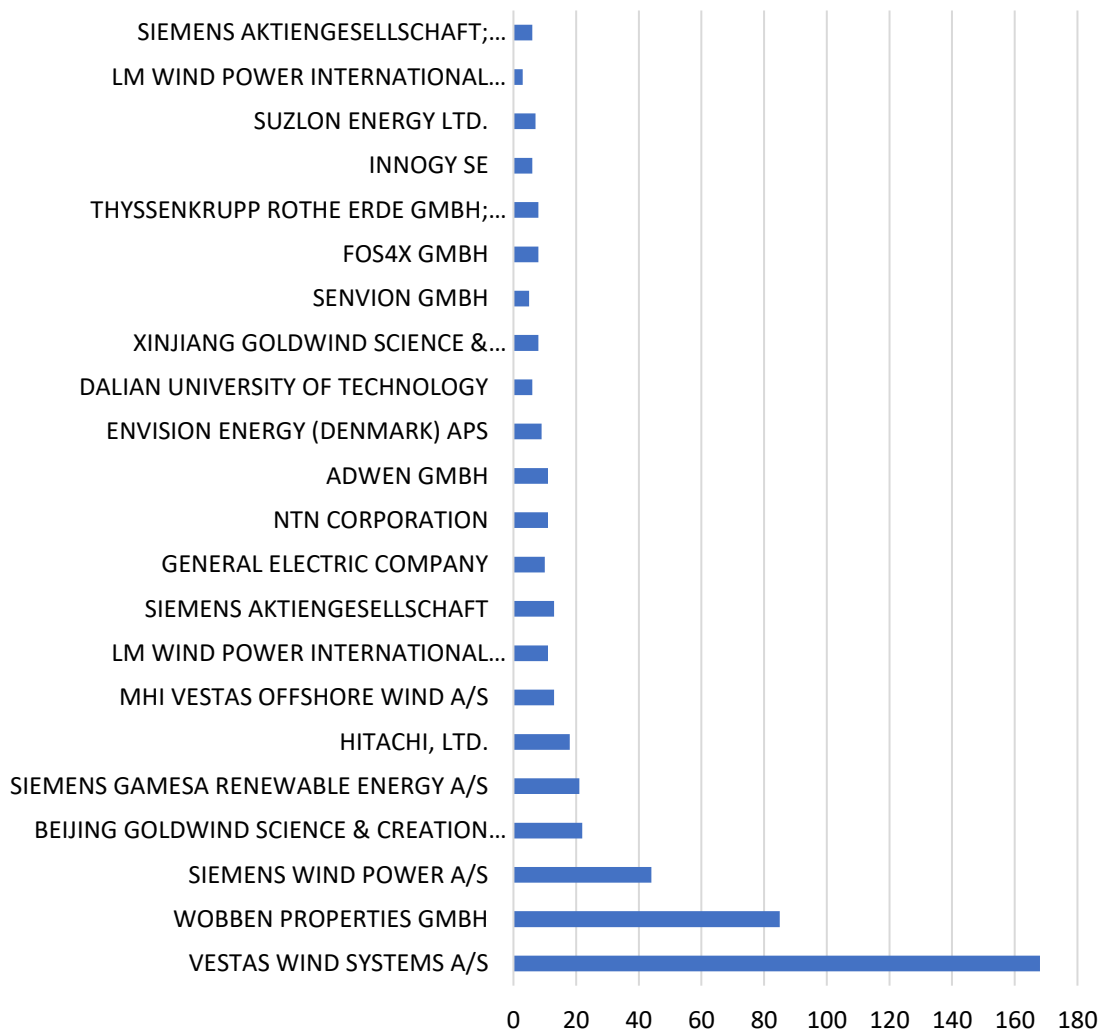


Ilustración 17: Número de patentes por empresa en el periodo 2018-2019
Fuente: TotalPatent One

Otro dato a destacar es la posición que ocupa General Electric, líder histórico en esta materia, y relegado a la décima posición en los dos últimos años. Este hecho coincide con la situación de la multinacional estadounidense, la cual sufre una gran crisis tanto interna como externa, traducida en una disminución en el valor de la acción bursátil. Todo ello ha influido negativamente al aspecto de la innovación, puesto que la reducción de costes, en este caso, se ha traducido de forma interna, limitando la actividad innovadora e incluso, renunciando a los

derechos de algunas patentes concedidas previamente, que no habían alcanzado su límite temporal.

Ilustración 18: relación de fabricantes de turbinas eólicas y su peso actual en el mercado. 2019.

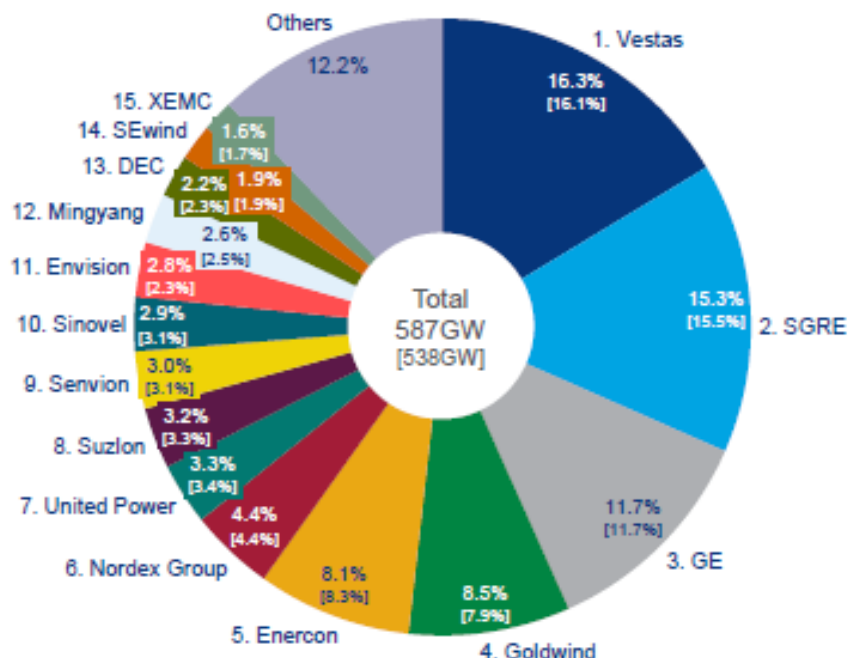


Ilustración 19: Relación de fabricantes de turbinas eólicas y su peso actual en el mercado en 2019
 Fuente: Wood - Mackenzie

Un punto importante que se debe tener en cuenta en la actividad innovadora es el peso de las diferentes compañías en el mercado eólico. Como se puede apreciar, actualmente, Vestas es la empresa líder del mercado. Esto favorece a que la empresa desarrolle nuevos conceptos innovadores, destinando una mayor cantidad de recursos económicos para ello, de cara a mantener el liderazgo. En segunda posición se sitúa Siemens Gamesa, y en tercera, General Electric. Como dato importante, hay que destacar la posición de Goldwind, la empresa china que, sin una actividad innovadora muy relevante (poco más de 500 patentes en el histórico y 20 en los dos últimos años), ha superado a la alemana Enercon (Wobben) segunda en el histórico de patentes y segunda también en los dos últimos años.

A nivel nacional y para todas las tecnologías TMCC, no sólo eólicas, Siemens Gamesa ha liderado la actividad innovadora, seguida de Abengoa y, con Acciona, la componente española de la alianza Nordex Acciona Windpower, en tercera posición. Los datos ofrecidos por la OEPM incluyen las solicitudes de patentes a nivel nacional, así como a nivel internacional con prioridad de explotación (PCT), pero cabe destacar que no incluye las patentes que se solicitan directamente con protección europea, las cuales son dirigidas a la Oficina de Patentes Europea.

Ranking empresas en solicitudes de invenciones nacionales en relación con las TMCC, 2006 a octubre de 2019

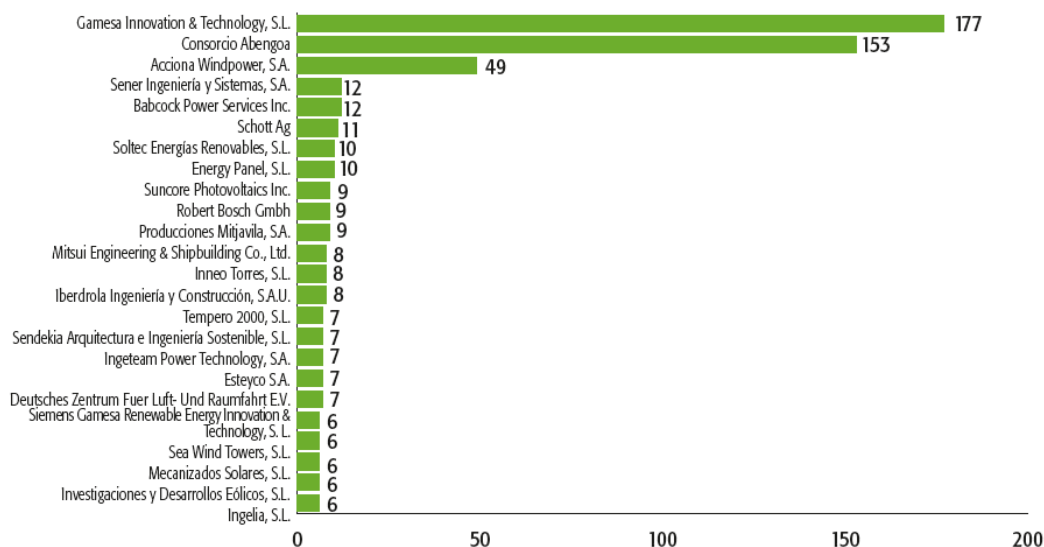


Ilustración 20: Ranking de empresas con solicitudes de invención a nivel nacional en el periodo 2006-2019 Fuente OEPM

En este sentido, hay discrepancias y distintas interpretaciones de la legislación vigente, puesto que se han dado casos de solicitudes de patentes realizadas a la Oficina Europea de Patentes que han quedado invalidadas y, por lo tanto, sin protección, además de acarrear sanción administrativa e incluso penal, al no seguir el procedimiento normal, que dicta que toda invención debe dirigirse a la Oficina Española de Patentes y Marcas. Este procedimiento es debido a los posibles usos e intereses militares que pudiera tener el estado sobre las diferentes invenciones, pudiendo intervenir el estado una invención si la considera vital para la seguridad de éste.

En cuanto a la investigación desarrollada desde universidades y organismos públicos, la Universidad Politécnica de Madrid lidera el ranking de patentes en tecnologías TMCC, seguida del CSIC. En este apartado, cabe destacar la dificultad de desarrollar estas patentes y estudios más allá de un ámbito puramente académico, puesto que, la legislación que permite fluir estas invenciones hacia un ámbito privado que permita la comercialización no es clara y depende de cada centro de investigación, cuya negociación se caracteriza por no ser sencilla, al no poder involucrarse un centro público en el desarrollo de un producto privado, y la imposibilidad de los investigadores de desarrollarse de forma paralela a su puesto de trabajo como investigadores o docentes, puesto que la *Ley de Incompatibilidad del personal contratado por el Estado* les impide el ejercicio libre, asociado, o dependiente de una entidad privada.

Ranking universidades y org. públicos en solicitudes de invenciones nacionales en relación con las TMCC, 2006 a octubre de 2019

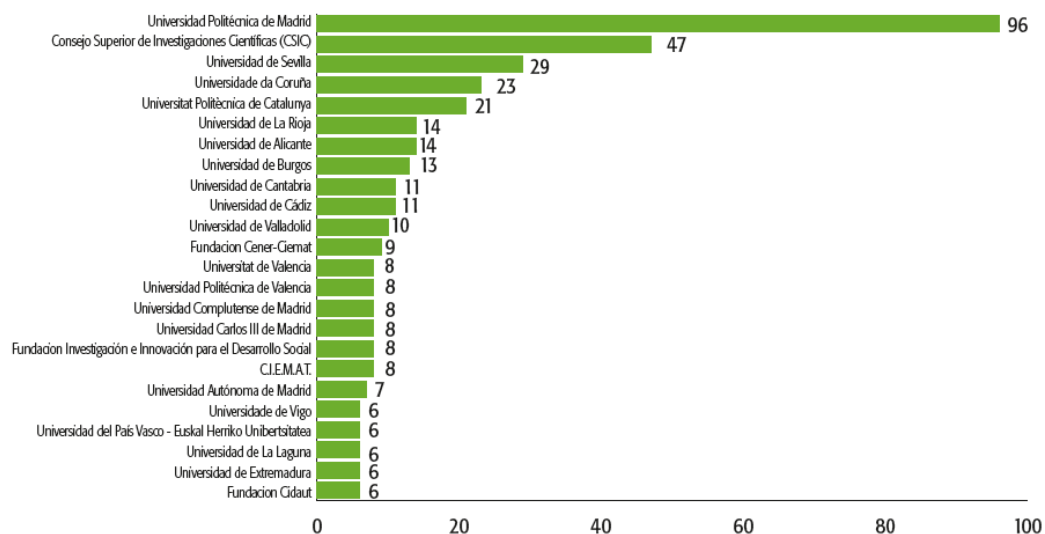


Ilustración 21: Relación de Centros de Investigación y Universidades con solicitudes de invención a nivel nacional en el periodo 2006-2019. Fuente OEPM

6. Reparto geográfico

En cuanto a la distribución por países, esta, históricamente, ha estado liderada por Alemania, Dinamarca y Estados Unidos, seguidos a cierta distancia por Japón, España y el Reino Unido. La posición española está alineada con el mercado histórico eólico, pero también con el menor calado tecnológico de su economía en comparación con aquellos países.

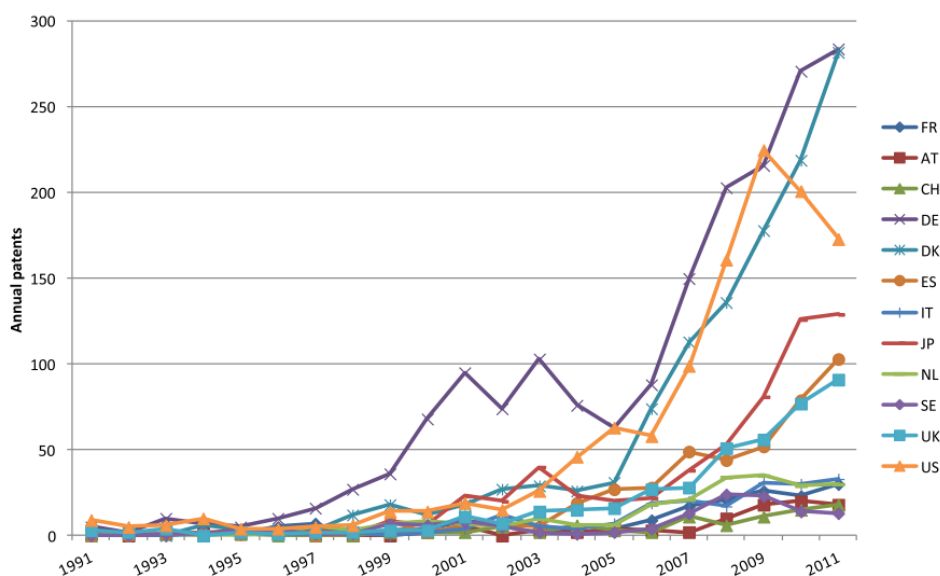


Ilustración 22: Patentes transnacionales anuales en tecnología eólica para doce países de la OCDE Fuente: OCDE

Esta misma información se extrae de la ilustración siguiente con otro horizonte temporal, Alemania lidera el ranking, seguido de Estados Unidos y Dinamarca, que se encuentra en séptima posición en el global de energías renovables.

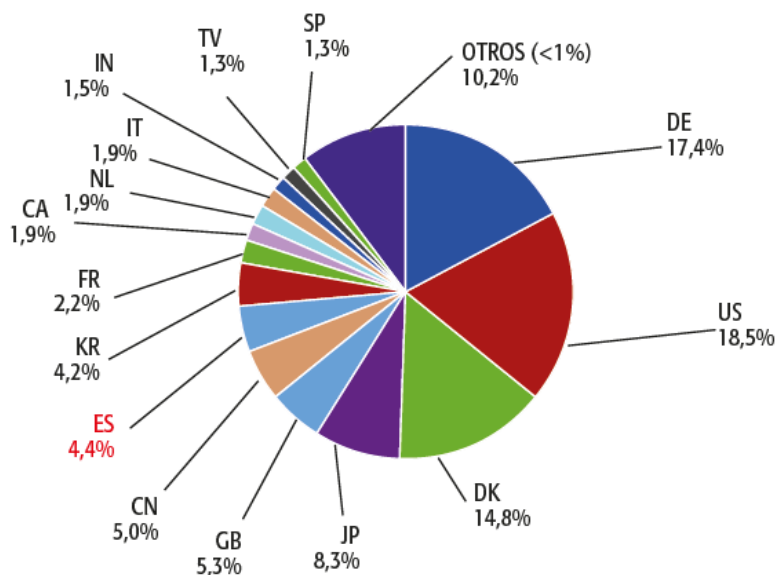


Ilustración 23: Distribución por país de residencia de los inventores, de las patentes con dos o más familias relacionadas con energía eólica en el periodo 2005-2016. Fuente: OCDE

En cuanto a las renovables en conjunto, Estados Unidos lidera la actividad innovadora, seguido de Japón, Alemania y Corea del Sur.

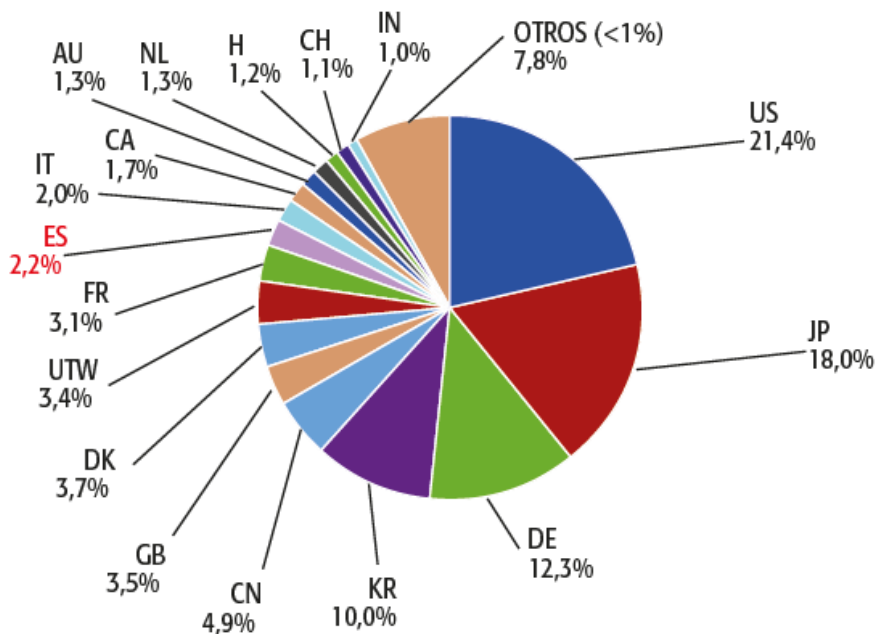


Ilustración 24: Distribución por país de residencia de los inventores, de las patentes con dos o más familias relacionadas con las energías renovables en el periodo 2005-2016. Fuente: OECD

Con la comparación de ambas gráficas, se obtiene la conclusión de que países como Alemania y Dinamarca centran su actividad innovadora en energía eólica, por encima de los otros tipos de energía renovable.

España ocupa la décima posición en el global de patentes de energías renovables, con un 2,2% de las patentes, mientras que ocupa la séptima posición en materia de energía eólica, con un 4,4%. En este sentido, el peso de España en materia de energía eólica es mayor que en el cómputo general de las energías renovables.

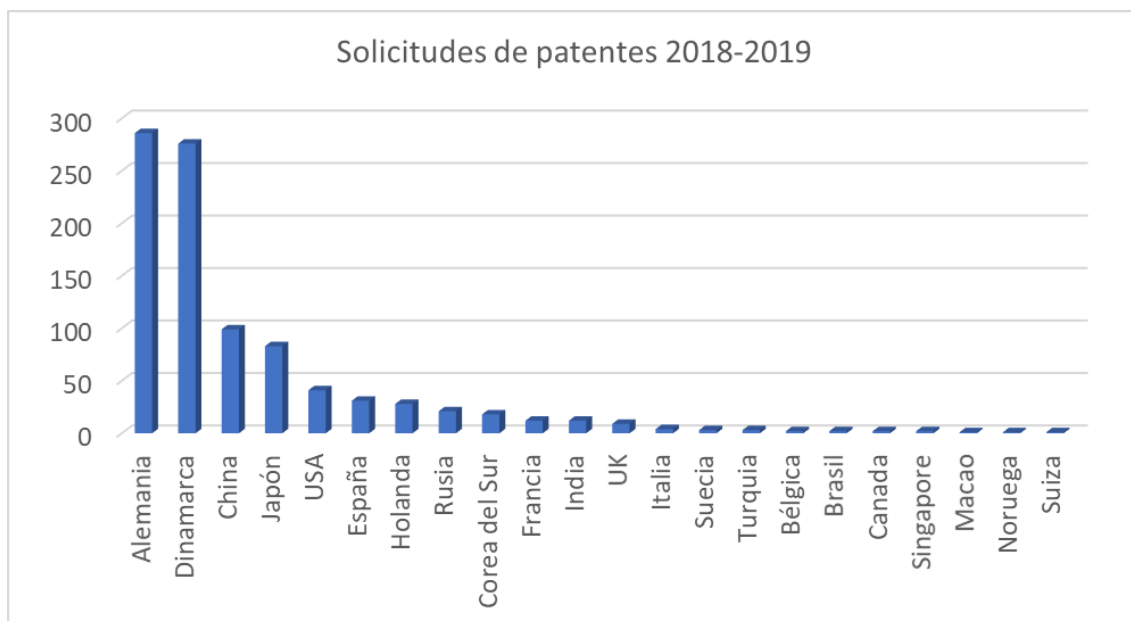
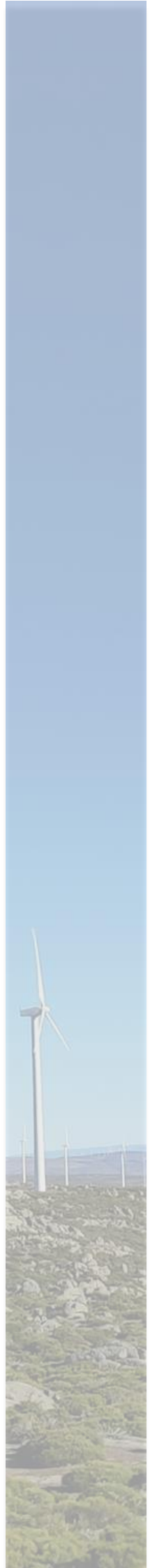


Ilustración 25: Relación de la solicitud de patentes por países en el periodo 2018-2019
 Fuente: TotalPatent One



Alemania	286
Dinamarca	276
China	99
Japón	83
USA	41
España	31
Holanda	28
Rusia	21
Corea del Sur	18
Francia	12
India	12
UK	9
Italia	4
Suecia	3
Turquia	3
Bélgica	2
Brasil	2
Canadá	2
Singapore	2
Macao	1
Noruega	1
Suiza	1

Tabla 3: Relación de la solicitud de patentes por países en el periodo 2018-2019

Fuente: TotalPatent One

Alemania y Dinamarca son los dos países que registraron mayor número de patentes en 2018 y 2019. En Alemania, el 20% de la energía eléctrica consumida tiene origen eólico, la fuerte implantación industrial eólica y su cultura de desarrollo de propiedad intelectual, que incluye involucrar por ley al empleado/inventor mediante una participación en los beneficios que la empresa obtenga por su invento, explica que lideren el ranking de número de patentes por país.

Respecto a Dinamarca, el sector eólico representa el 5% del PIB y es uno de los principales motores y estandarte de su industria, que protegen a través de su actividad patentadora.

7. Patentes que han vencido en 2018-2019

Al tratarse de un periodo tan corto de tiempo en las patentes concedidas entre 2018 y 2019, todas las patentes siguen siendo efectivas en lo que a materia de protección intelectual se refiere. Por un lado, ninguna ha superado los 20 años de protección que los autores tienen como derecho para explotar sus invenciones, tampoco se ha superado el plazo de 5 años para

comercializar la solución protegida, y en la última revisión realizada, ninguna de las concesiones se ha visto alterada ni rechazada por sus propios autores.

8. Elementos clave e integración en las políticas energéticas y tecnológicas

A continuación, se presentan el contexto de las políticas energéticas a medio plazo y cómo la energía eólica se puede integrar en ellas.

8.1. La política energética de la Unión Europea

Algunos elementos clave de la política energética europea que tienen incidencia en el desarrollo industrial y tecnológico de la energía eólica, son los siguientes:

Declaración de Emergencia climática

El 28 de noviembre de 2019, el Parlamento Europeo aprobó una resolución en la que señala que el planeta vive una "emergencia climática". La declaración pretende convertirse en una llamada de atención a la clase política europea para que redoble los esfuerzos para frenar el calentamiento global, así como transmitir a la ciudadanía, especialmente a los jóvenes que se han manifestado en las calles de todo el continente, la idea de que su clamor ha sido escuchado.

Los eurodiputados también acordaron, en paralelo, pedir a la Comisión Europea que eleve el objetivo de reducción de emisiones de dióxido de carbono para 2030 del 40 al 55% respecto a 1990, un paso intermedio que consideran necesario para alcanzar la neutralidad climática en 2050. También, instaron a Bruselas a evaluar el impacto ambiental de cada propuesta de ley para asegurarse de que son compatibles con la meta de contener el aumento de la temperatura media del planeta por debajo de 1,5 grados respecto a niveles preindustriales, el límite que fija el Acuerdo de París.

La aprobación de la resolución coincidió con la publicación de que la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera marcó un récord en 2018.

Un Pacto Verde Europeo (*Green Deal*)

El Pacto Verde Europeo consiste en mejorar el bienestar de las personas. Conseguir que Europa sea climáticamente neutra y proteger nuestro hábitat natural redundará en beneficio de las personas, el planeta y la economía. No permitiremos que nadie se quede atrás.

La UE se propone:



Ser climáticamente neutra de aquí a 2050



Proteger la vida humana, los animales y las plantas, reduciendo la contaminación



Ayudar a las empresas a convertirse en líderes mundiales en productos y tecnologías limpias



Contribuir a garantizar una transición justa e integradora

Ilustración 26: Propuestas de la UE
Fuente: Comisión Europea

Convertirse en el primer continente climáticamente neutro es el mayor reto y la mayor oportunidad de nuestro tiempo. Para lograrlo, la Comisión Europea ha presentado el Pacto Verde Europeo, un ambicioso paquete de medidas que debe permitir que las empresas y los ciudadanos europeos se beneficien de una transición ecológica sostenible. Las medidas, acompañadas de una hoja de ruta inicial para las principales políticas, van desde una reducción ambiciosa de las emisiones, a la inversión en investigación e innovación de vanguardia, con el fin de preservar el entorno natural de Europa.

Con el apoyo de las inversiones en tecnologías ecológicas, soluciones sostenibles y nuevas empresas, el Pacto Verde puede ser una nueva estrategia de crecimiento de la UE. La participación y el compromiso de los ciudadanos y de todas las partes interesadas son cruciales para su éxito.

Ante todo, el Pacto Verde Europeo traza el camino para una transición justa y socialmente equitativa. Se ha concebido para no dejar atrás a ninguna persona o región en la gran transformación que se avecina.

Mecanismo para una Transición Justa

Para abordar los retos específicos a los que se enfrentan determinadas regiones, que serán las más afectadas por la transformación, la Comisión está trabajando en un Mecanismo para una Transición Justa que contempla 100.000 millones de euros para impulsar la inversión ecológica.



Ilustración 27: Presupuesto para una transición justa
 Fuente: Comisión Europea

8.2. Plan nacional integrado de energía y clima 2021-2030

El marco de la política energética y climática en España está determinado por la Unión Europea, que, a su vez, se encuentra condicionada por un contexto global en el que destaca el Acuerdo de París, alcanzado en 2015, y que supone la respuesta internacional más ambiciosa hasta la fecha frente al reto del cambio climático. La Unión ratificó el Acuerdo en octubre de 2016, lo que permitió su entrada en vigor en noviembre de ese año. España hizo lo propio en 2017, estableciendo, con ello, el punto de partida para las políticas energéticas y de cambio climático en el horizonte próximo.

Asimismo, en 2016, la Comisión Europea presentó el denominado “paquete de invierno” “Energía limpia para todos los europeos” que se ha desarrollado a través de diversos reglamentos y directivas. En ellos, se incluyen revisiones y propuestas legislativas sobre eficiencia energética, energías renovables, diseño de mercado eléctrico, seguridad de suministro y reglas de gobernanza para la Unión de la Energía, todo ello, con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, aumentar la proporción de renovables en el sistema y mejorar la eficiencia energética en la Unión en el horizonte 2030.

Este nuevo marco normativo y político aporta certidumbre regulatoria y genera las condiciones de entorno favorables para que se lleven a cabo las importantes inversiones que se precisa movilizar. Además, faculta a los consumidores europeos para que se conviertan en actores activos en la transición energética y fija objetivos vinculantes para la UE en 2030:

- 40% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a 1990.
- 32% de renovables sobre el consumo total de energía final bruta, para toda la UE.
- 32,5% de mejora de la eficiencia energética.
- 15% interconexión eléctrica de los Estados miembros.

A ello, hay que añadir que la Comisión Europea actualizó el 28 de noviembre de 2018 su hoja de ruta hacia una descarbonización sistemática de la economía con la intención de convertir a la Unión Europea en neutra en carbono en 2050.

El Plan prevé para el año 2030 una potencia total instalada en el sector eléctrico de 157 GW, de los que 50 GW serán energía eólica.

El Escenario Objetivo propuesto por el Plan supone un incremento considerable de la capacidad de generación renovable en comparación con la situación actual.

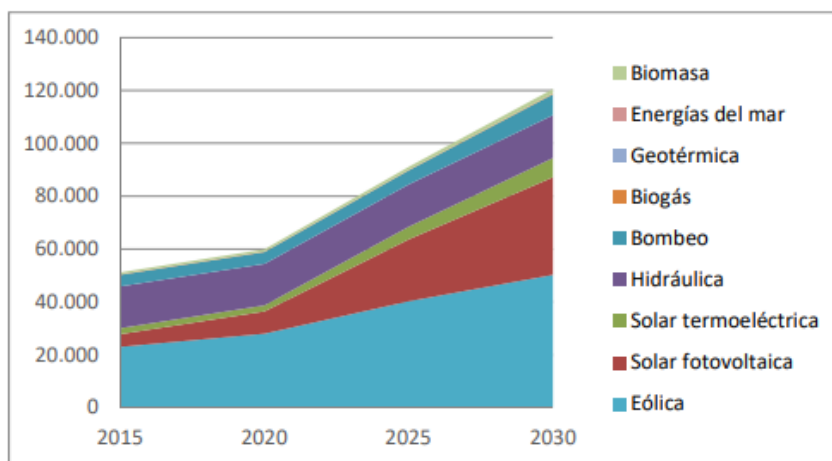


Ilustración 28: Capacidad instalada de tecnologías renovables en MW
Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica

De acuerdo con ello, la evolución de la potencia instalada de energía eléctrica sería según la tabla que viene a continuación.

Parque de generación del Escenario Objetivo (MW)				
Año	2015	2020	2025	2030
Eólica	22.925	27.968	40.258	50.258

Generación eléctrica bruta del Escenario Tendencial* (GWh)				
Año	2015	2020	2025	2030
Eólica	49.325	60.511	75.225	90.991

*Los datos de 2020, 2025 y 2030 son estimaciones del Escenario Objetivo del PNIEC.

Tabla 4: Escenarios objetivo de la generación de energía eléctrica a través de energía eólica
Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica

Se buscará la adaptación de los procedimientos administrativos para que incluyan la tramitación de proyectos de hibridación con distintas tecnologías renovables. Se analizará la necesidad de revisar los procesos administrativos para para tecnologías con escaso o nulo desarrollo de mercado en la actualidad la eólica marina o las oceánicas. Para la nueva potencia eólica instalada se considera una vida útil de 25 años.

En resumen, la intención de las autoridades españolas es llegar a los 50 GW de potencia eólica instalada en 2030 y alcanzar la neutralidad de emisiones en 2050, extendiendo la vida de diseño de los parques de nueva instalación.

Para llegar a esos objetivos se hace necesario contemplar:

- La repotenciación de los parques más antiguos y de menor potencia por aerogenerador, normalmente instalados en emplazamientos de mayor recurso.
- Extender la vida de los parques de antigüedad media.
- Diseños de mayor potencia por aerogenerador y mayor coeficiente de capacidad.

Hay que mencionar que el borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030, si bien contempla generación de conocimiento, no menciona la propiedad intelectual ni la generación de patentes.

8.3. La ciencia y la innovación: modelo lineal

El PNIEC debe integrarse en un Plan Tecnológico que impulse la innovación y el desarrollo tecnológico, que consolide las capacidades de la industria nacional frente a la competencia asiática, fundamentalmente.

8.3.1. El Plan Estatal de Ciencia e Innovación

La innovación eólica se orienta al cumplimiento de los objetivos del Plan Estatal, al apoyo a las empresas españolas y de forma más concreta a:

- Impulsar la colaboración entre los diferentes agentes a través de la realización de proyectos de I+D+i en muchos casos con la participación público privada.
- Reforzar la colaboración interterritorial entre las CC.AA. a partir de las diferentes iniciativas RIS3 en el ámbito energético. En este sentido, se considera prioritaria la realización de proyectos experimentales marinos, tanto cimentados como flotantes.
- Ser un foro para la puesta en común de inquietudes y experiencias que permitan la puesta a punto de proyectos conjuntos.
- Evaluar experiencias de mercados y los resultados de los proyectos que permitan la consolidación de la industria nacional y la diversificación de productos.
- Crear una cultura de tecnología de arrastre que facilite el desarrollo internacional e intercambios de experiencias en proyectos concretos, sería bueno seguir el modelo alemán donde los clientes, ante diversas opciones, siempre optan por el producto nacional.

En la ilustración siguiente se muestra el papel que las políticas públicas juegan en la dinamización de la investigación y en la consolidación de su valor añadido.



Ilustración 29: Estrategia de la Secretaría de Estado de Universidades, Investigación, Desarrollo e Innovación para el desarrollo del conocimiento. Fuente: Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades

De forma complementaria se incluyen los principales elementos de la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027

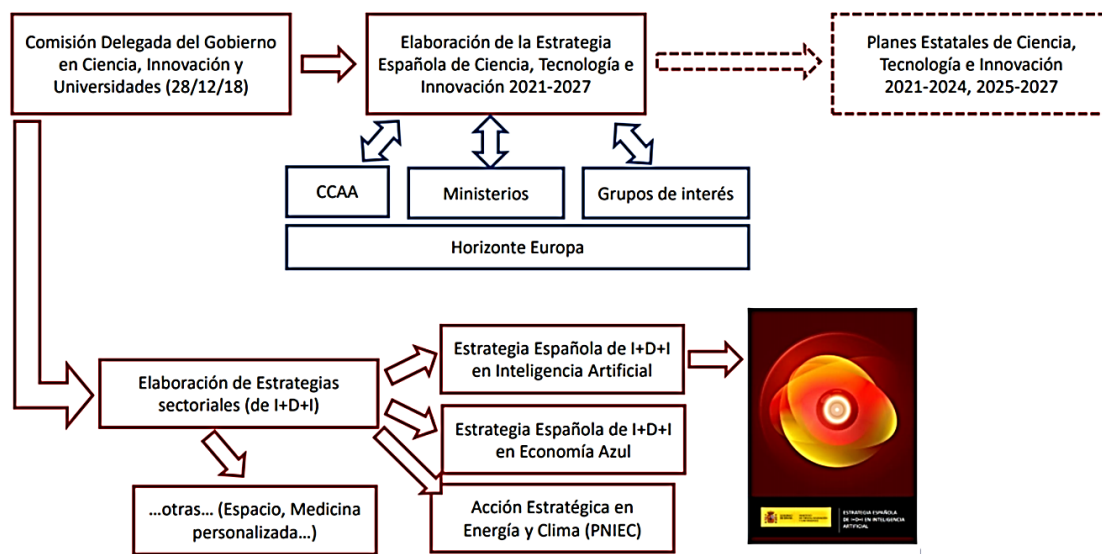


Ilustración 30: Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación en el periodo 2021-2027 Fuente: Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades

8.4. La importancia de la investigación eólica

Se estima que el gasto en I+D+i del sector eólico superará los 30.000 millones de euros hasta el año 2028.

El mercado de energía eólica se dirige a una nueva era donde ha de alcanzar la paridad sin subvenciones y créditos fiscales. En este nuevo ámbito, dominado por procesos de subasta muy competitivos, sigue siendo necesario incrementar el AEP así como reducir CapEx, OpEx y LCoE.

Adicionalmente, nuevas tecnologías de palas segmentadas e instalación de la turbina permitirán convertir en rentables emplazamientos que con la tecnología actual no lo son, especialmente, en emplazamientos *space constrained* o en zonas de terreno complejo donde las tecnologías convencionales no son efectivas.

La tendencia general del desarrollo de la tecnología *onshore* parece estar centrándose en la integración de sistemas, promovido por el esperado crecimiento de las tecnologías de generación distribuida y la competencia, cada vez mayor, de la tecnología solar. Los fabricantes de aerogeneradores no sólo se centran en la fabricación de turbinas, incorporando almacenamiento de energías e hibridación con solar, sino también en sistemas llave en mano con controles completamente integrados.

La digitalización liderará un porcentaje significativo del desarrollo tecnológico donde compañías de análisis de datos, fabricantes de aerogeneradores, suministradores de subcomponentes, dueños de parques e, incluso, proveedores de servicios de internet trabajan en incorporar en su portafolio de productos y servicios sistemas de optimización de prestaciones, gestión y predicción de averías y la gestión de la participación en el mercado eléctrico.

En la búsqueda de incremento de captura de energía y de reducción de LCoE no se ha de olvidar el acceso a financiación bancaria como guía para facilitar adopción temprana de nuevas tecnologías. Gran cantidad de ideas potencialmente viables se paralizan en la fase de concepto o de diseño preliminar ante la falta de inversiones para hacerlas comercialmente disponibles.

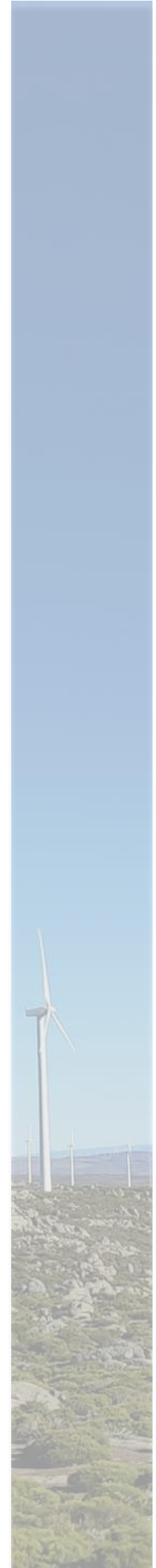
Muchos de los principales propietarios de activos y OEM de turbinas y proveedores de subcomponentes han reavivado sus actividades de exploración de tecnología externa, y estos esfuerzos están listos para impulsar las fusiones y adquisiciones para llenar vacíos específicos. La era de "no inventado aquí" parece estar disminuyendo, a medida que es probable que las asociaciones tecnológicas y los acuerdos de licencia experimenten un aumento en los próximos años.

Existe una cantidad significativa de tecnología en un nivel de preparación tecnológica de rango medio (TRL 5-7) y requerirá la mayor parte de la inversión total. Un 46,2% de todas las innovaciones se han sometido a algún tipo de pruebas de banco, desarrollo de prototipos o pruebas de campo, mientras que el 23,3% está disponible comercialmente o en una etapa de desarrollo previa a la serie, y el 30,6% aún se encuentra en una etapa de diseño.

Las empresas deben seguir centrándose en el gasto en I+D+i para garantizar que sus productos sigan siendo competitivos, y los gobiernos deben continuar apoyando a las empresas que realizan tales inversiones. Durante mucho tiempo ha existido una fuerte correlación en los mercados que más gastan en I+D+i y en aquellos con mayor participación de energía eólica.

En última instancia, la I+D+i es un precursor del posterior despliegue de tecnología y, por lo tanto, de las reducciones de costes asociados con el logro de economías de escala en ese mercado.

Las nuevas patentes incluirán el uso de *big data*, inteligencia artificial y *machine learning* para el control del parque, integración en red y control de aves y quirópteros.



Según el NREL, la mejora esperada en AEP por desarrollar torres más altas va pareja con el coste esperado, incluso en el escenario más optimista la reducción de LCoE es pequeña. Por el contrario, incrementar el diámetro del rotor puede llegar incrementar un 35% el AEP e, incluso, a reducir el coste del aerogenerador. El tren de potencia es el siguiente elemento cuyo desarrollo tendrás más peso en la reducción de LCoE.

Entre 2018 y 2019 se registraron cerca de 1500 patentes relacionadas con el control y la reducción de cargas, orientadas a reducción de coste y permitir incrementar el diámetro del rotor, frente a 300 relativas a la estructura.

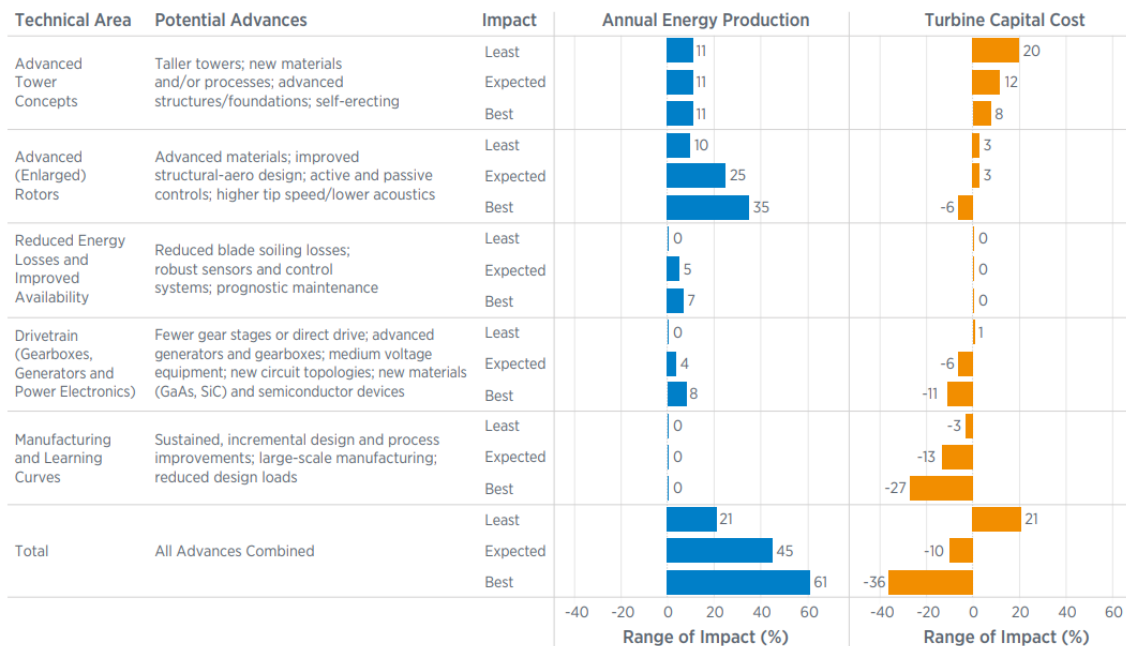


Ilustración 31: Áreas de potencial mejora por componente
Fuente: NREL

9. Posibles Riesgos

Según IntelStor, desde 1995, la industria de la energía eólica ha sufrido más de 5,2 mil millones de dólares en pérdidas comerciales asociadas con riesgos de propiedad intelectual (IP), que no se mitigaron y podrían haberse evitado.

Estas pérdidas se deben en parte a daños legales (165 millones de dólares) y una porción mayor está directamente relacionada con los otros impactos comerciales asociados con una disputa de propiedad intelectual. Estos incluyen el bloqueo de las ventas de productos, la denegación de acceso al mercado y la pérdida de ingresos de las ventas de repuestos que ya no existen en el mercado, así como los contratos de servicios que los acompañan, que son cada vez más lucrativos a medida que los activos envejecen.

Las empresas tienen derecho a hacer cumplir sus derechos de propiedad intelectual, pero cuando esos derechos se utilizan para excluir la competencia de los mercados, elimina la elección de los desarrolladores de proyectos cuando se trata de contratos de suministro. Este uso hostil de los derechos de propiedad intelectual ha costado a las compañías más de 3,65 mil

millones de dólares en ventas de productos, 386 millones de dólares en ventas de repuestos del mercado secundario y 1,02 mil millones de dólares en ingresos por servicios.

La industria aún está en riesgo, y, potencialmente, miles de millones en responsabilidad por infracción de patentes aún no se mitigan formalmente durante la debida diligencia de financiación de proyectos.

Más allá de esos costes evitados, cada proyecto de energía eólica, que pasa por una diligencia de financiación de proyectos, casi nunca considera los impactos comerciales para los desarrolladores del proyecto y los propietarios de los activos, que contractualmente quedan muy turbios y favorables para las empresas de suministro resultantes de cláusulas relacionadas con los intelectuales. Esto va en detrimento del desarrollador, el financiero y la compañía de seguros, en caso de que surja una disputa entre dos proveedores de equipos.

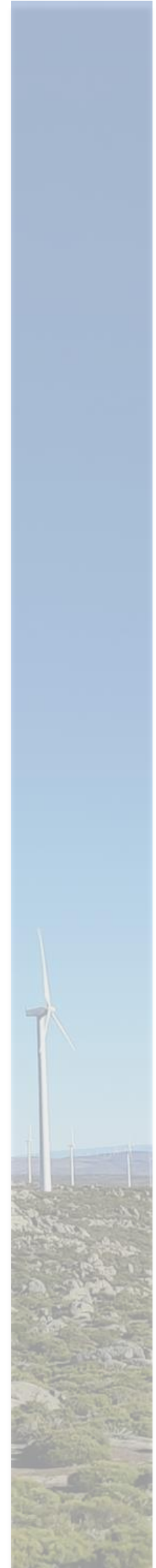
Aunque esto ocurra de manera poco frecuente en comparación a otros riesgos que se suscriben habitualmente, el precio por estar en el lado equivocado de una infracción de propiedad intelectual puede ser sustancial.

Como ejemplo de resolución amistosa, en junio de 2019, Vestas y General Electric alcanzaron una solución amistosa de todas las disputas relacionadas con reclamaciones de infracción de patentes múltiples de aerogeneradores en Estados Unidos. Las patentes en juego generalmente se relacionan con tecnologías que permiten a los aerogeneradores gestionar huecos de tensión (LVRT). Con este acuerdo, las infracciones anteriores de las patentes en demanda se liberan por completo. Además, el acuerdo incluye una licencia cruzada para las patentes, así como un pago confidencial de Vestas a GE. La licencia cruzada se aplica globalmente a los respectivos negocios de energía eólica *onshore* y *offshore*, y garantiza que puedan utilizar la tecnología cubierta por dichas patentes.

El anuncio resuelve la demanda inicial presentada por GE contra Vestas y Vestas American Wind Technology Inc. el 31 de julio de 2017, alegando la infracción de sus patentes de Estados Unidos No. 7.629.705 y No. 6.921.985. Las dos contrademandas de Vestas contra GE alegan la infracción de sus patentes estadounidenses No. 7.102.247 y No. 7.859.125 el 15 de diciembre de 2017; y todos los procedimientos de revisión inter-partes pendientes con respecto a las patentes en demanda.

Con todo lo anterior, y a la vista de recientes dictámenes judiciales, se recomienda que, a la hora de concretar un contrato, se incluya una cláusula que exima al comprador del aerogenerador de cualquier responsabilidad referente al quebrantamiento de propiedad intelectual por parte del tecnólogo que incluya los siguientes aspectos:

- Ya sea durante la solicitud de propuestas (RFP) o las negociaciones del acuerdo de suministro de la turbina (TSA), debe exigirse una indemnización total por responsabilidad por infracción de patente.
- Al igual que el requisito de que un proveedor de turbinas tenga un seguro de propiedad y accidentes, hacer que la cobertura del seguro de indemnización por infracción de patente sea obligatoria también se puede especificar en las negociaciones de RFP o TSA.



- Si se proporciona una indemnización total o si se obtiene un seguro, es posible una validación independiente de la posición de riesgo de infracción de patente. Estos datos se pueden proporcionar a los desarrolladores / propietarios, así como a los proveedores de seguros durante la negociación de la TSA.

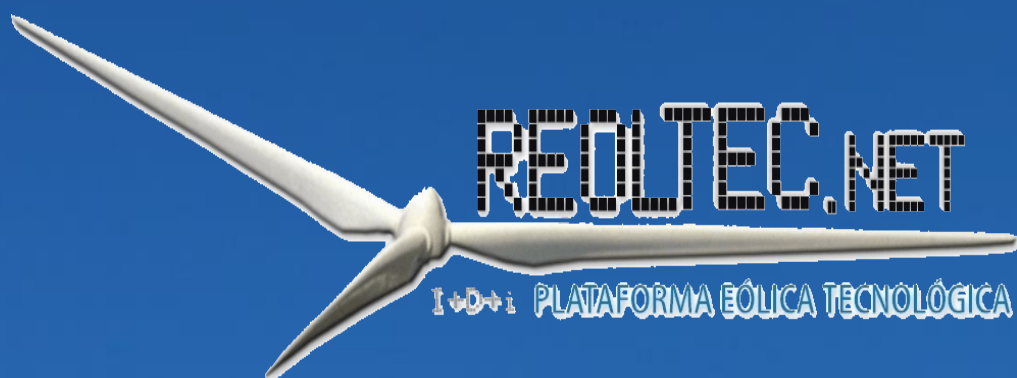
10. Conclusiones

El sector eólico se encuentra en un proceso acelerado de innovación tecnológica marcado por la evolución del mercado, donde es necesario optimizar costes y garantizar la larga vida de los componentes. En este escenario, hacer un seguimiento de la evolución técnica no es tarea sencilla, pues los proyectos con financiación pública muestran, en muchos casos, el posicionamiento dinámico de los promotores, pero es difícil conseguir información ya sea por confidencialidad de las empresas o por el retraso en la actualización de las bases de datos públicas. Por lo tanto, el seguimiento de las patentes e invenciones es un método adecuado para seguir la evolución del mercado en cuanto a investigación e innovación.

Durante los últimos años se observa que la mayoría de las solicitudes de patentes se refieren a control y reducción de cargas.

Finalmente, se recomienda que a la hora de concretar un contrato se incluya una cláusula que exima al comprador del aerogenerador de cualquier responsabilidad referente al quebrantamiento de propiedad intelectual por parte del tecnólogo.





REOUTEC.NET

I+D+i PLATAFORMA EÓLICA TECNOLÓGICA

