



**DEBATES ESTRUCTURADOS SOBRE EL COMERCIO
Y LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL**

COMUNICACIÓN DEL REINO UNIDO

La siguiente comunicación, de fecha 23 de mayo de 2023, se distribuye a petición de la delegación del Reino Unido.

ENERGÍA EÓLICA MARINA

Documento técnico del Reino Unido

Índice

1 INTRODUCCIÓN	2
1.1 Resumen	2
1.2 La importancia de la energía eólica marina para alcanzar los objetivos de mitigación del cambio climático	2
1.3 Consideraciones relativas al ciclo de vida de las turbinas eólicas marinas.....	3
2 FUNCIÓN DE LOS SERVICIOS	4
2.1 Servicios técnicos	4
2.2 Servicios auxiliares	4
2.3 Obstáculos al comercio de servicios	5
3 DIAGRAMAS DE LA CADENA DE VALOR.....	6
3.1 Turbinas eólicas	8
3.1.1 Góndola.....	8
3.1.2 Rotor	11
3.1.3 Torre.....	13
4 EJEMPLOS DE SERVICIOS (TÉCNICOS Y AUXILIARES) SUMINISTRADOS DURANTE EL CICLO DE VIDA DE LOS PROYECTOS DE ENERGÍA EÓLICA MARINA	15

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Resumen

En el presente documento se examinan los bienes y servicios relacionados con la producción y el comercio de energía eólica marina. Comenzamos por situar este estudio en perspectiva, resumiendo la importancia de la tecnología de la energía eólica marina en el cumplimiento de los objetivos de mitigación del cambio climático, concretamente para conseguir la neutralidad de las emisiones. Describimos los servicios relacionados con el medio ambiente, que tienen una importancia considerable a lo largo de todo el ciclo de vida de la energía eólica marina, y señalamos algunos obstáculos al comercio. Asimismo, hemos elaborado "diagramas de cadena de valor" específicos (aunque de carácter indicativo), en los que se describen los bienes y servicios de todas las fases del ciclo de vida de la energía eólica marina. El presente documento contiene tres diagramas de cadena de valor. En un anexo separado (INF/TE/SSD/W/26/Add.1) se presenta un conjunto más completo de diagramas que abarcan todo el ciclo de vida.

Esperamos seguir desarrollando este informe y proporcionar información adicional en el marco de los Debates Estructurados sobre otros obstáculos al comercio y otras ideas sobre las medidas que pueden adoptarse para superarlos.

El presente informe se basa en un documento técnico presentado por el Reino Unido en marzo de 2023 en el marco de los Debates Estructurados, titulado "Building our Evidence Base around Environmental Goods"¹ (Desarrollo de la base empírica relativa a los bienes ambientales).

1.2 La importancia de la energía eólica marina para alcanzar los objetivos de mitigación del cambio climático

Las soluciones de energía eólica serán importantes para lograr los objetivos de mitigación del cambio climático mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, que contribuirán a sustituir a la generación de energía térmica y a reducir los costos de explotación en comparación con la generación de electricidad basada en los combustibles fósiles.

Es bien sabido que la energía eólica tiene un efecto positivo significativo en la consecución de los objetivos ambientales; más abajo se indican varias fuentes útiles y fiables que respaldan esa afirmación. Probablemente haya que revisar los argumentos en favor de la energía eólica, por lo que es posible que en futuras versiones se añadan nuevas pruebas a este documento.

El **Centro y Red de Tecnología del Clima (CRTC) de las Naciones Unidas** afirma claramente que, como la energía eólica es una energía renovable y constituye un recurso con una gran disponibilidad, y dado el carácter relativamente avanzado de la tecnología, las tecnologías de energía eólica pueden contribuir de manera significativa a los esfuerzos de mitigación del cambio climático. La implantación de la energía eólica puede desplazar a la generación a partir de centrales térmicas y poner coto al aumento de las emisiones de CO₂.²

El **Proyecto Drawdown** documenta los efectos de las soluciones de energía eólica marina en función del aumento de la producción de energía y la evitación de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial:

"Las turbinas eólicas marinas están aumentando su capacidad de generación y pasarán de los actuales 60 teravatios-hora, según las estimaciones, a entre 1.850,04 y 2.175,56 teravatios-hora para 2050, con lo que se podrían evitar entre 10,22 y 9,89 gigatoneladas de emisiones de gases de efecto invernadero".

La **Agencia Internacional de la Energía (AIE)** subraya que, aunque la energía eólica marina representa una pequeña fracción de la generación actual de energía eléctrica, es importante dar prioridad a la actuación en esta esfera, ya que las mejoras de la tecnología y la fuerte reducción de los costos hacen que sea posible a nivel colectivo aprovechar el potencial prácticamente ilimitado que ofrece la energía eólica. De hecho, en 2021, la AIE registró un crecimiento sin precedentes de

¹ [INF/TE/SSD/W/23](#).

² <https://www.ctc-n.org/technologies/offshore-wind>.

la producción de electricidad eólica (un aumento del 273 Twh, un 17%), un 55% más que en 2020, lo que hizo que fuera la tecnología de energía renovable que más creció.³

Tanto la **Agencia Internacional de Energías Renovables** (IRENA) como la AIE han señalado que, según sus cálculos, para alcanzar la neutralidad de las emisiones, la capacidad de la energía eólica marina deberá superar los 2.000 GW en 2050, frente a los poco más de 60 GW que genera en la actualidad. La Alianza Mundial para la Energía Eólica Marina (GOWA), puesta en marcha en la CP27 en noviembre de 2022, se ha comprometido a aumentar rápidamente la energía eólica marina, con el objetivo de acelerar el crecimiento para alcanzar un total de al menos 380 GW de capacidad instalada para finales de 2030. Para lograrlo se colaborará activamente a fin de eliminar los obstáculos al despliegue de la energía eólica marina en nuevos mercados y en aquellos en los que ya está presente.⁴

La **Plataforma STePP de la Oficina de Promoción de Inversiones y Tecnología de Tokio de la ONUDI** describe las principales características y ventajas de las turbinas eólicas de tamaño medio.⁵ Un problema habitual para el despliegue de la energía eólica en regiones propensas a períodos de fuertes vientos es que las turbinas se pueden dañar cuando se producen fenómenos meteorológicos extremos u otros desastres naturales. La plataforma documenta una turbina de tamaño medio diseñada para poder ser transportada fácilmente, fácil de instalar, fuertemente protegida frente a la caída de rayos y los terremotos y resistente a vientos extremos e inestables (más allá de lo que se exige en la norma pertinente de la CEI).

Del mismo modo, el **Mercado de tecnologías sostenibles de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI)** contiene entradas sobre turbinas eólicas capaces de soportar tifones⁶, entre otras tecnologías de energía eólica.⁷ Este recurso muestra no solo que la adopción de esas tecnologías puede generar toda una serie de ventajas, sino también que a menudo esas tecnologías tienen un alto nivel de madurez tecnológica. En este recurso también se documenta una amplia variedad de tipos de cooperación que hacen posible la transferencia de tecnología de energía eólica con arreglo a condiciones voluntarias pero mutuamente acordadas.

1.3 Consideraciones relativas al ciclo de vida de las turbinas eólicas marinas

De las fuentes mencionadas se deducen claramente las ventajas que reporta la energía eólica al medio ambiente. Actualmente, el sector se está centrando en diversas dificultades aún no resueltas que plantea el ciclo de vida de las turbinas, que tienen que ver con determinados componentes, a fin de maximizar la compatibilidad ambiental de esta tecnología. A continuación se presentan algunas de esas dificultades.

La eliminación de las palas plantea un problema en la etapa final del ciclo de vida de las turbinas. Pese a que entre el 85 y el 90% de la masa total de las turbinas eólicas se puede reciclar, no ocurre así con las palas, que a menudo terminan en vertederos.^{8, 9} Las palas se fabrican con fibras reforzadas (normalmente fibra de vidrio o de carbono) y una matriz de polímeros. Aunque no son materiales tóxicos y es seguro depositarlos en vertederos, los métodos para reciclarlos que son viables desde el punto de vista comercial son limitados.¹⁰

³ <https://www.iea.org/reports/offshore-wind-outlook-2019>.

⁴ <https://www.irena.org/News/pressreleases/2022/Nov/Nine-new-countries-sign-up-for-Global-Offshore-Wind-Alliance-at-COP27>.

⁵ http://www.unido.or.jp/en/technology_db/1685/.

⁶ https://wipogreen.wipo.int/wipogreen-database/articles/147595?queryFilters.0.field=TECH_FIELD_ID&queryFilters.0.value=54&queryFilters.1.field=TECH_TYPE&queryFilters.1.value=5&type=BASIC&query=&pagination.size=30&pagination.page=0&sort.0.field=CREATED_AT&sort.0.direction=DESC.

⁷ https://wipogreen.wipo.int/wipogreen-database/search?queryFilters.0.field=TECH_FIELD_ID&queryFilters.0.value=54&queryFilters.1.field=TECH_TYPE&queryFilters.1.value=5&type=BASIC&query=&pagination.size=30&pagination.page=0&sort.0.field=CREATED_AT&sort.0.direction=DESC.

⁸ <https://cleangridalliance.org/blog/137/wind-turbine-recycling-and-disposal>.

⁹ WindEurope, "Accelerating Wind Turbine Blade Circularity", 2020.

¹⁰ <https://windeurope.org/newsroom/press-releases/wind-industry-calls-for-europe-wide-ban-on-landfilling-turbine-blades/>.

La mayoría de los métodos de reciclaje actualmente viables consisten en algún tipo de "infrarreciclaje", en el que el nuevo material producido es de calidad inferior al material original. Muchos métodos de reciclaje que producen material de mayor calidad elevan mucho el costo energético; no obstante, se necesita más investigación para evaluar con precisión esas técnicas.^{11,12}

Se están desarrollando materiales nuevos que pueden utilizarse para palas de turbinas eólicas que se reciclan más fácilmente en productos útiles; sin embargo, aún no se sabe si esos materiales serán económicamente viables a gran escala.¹³ Mientras tanto, sigue sin resolver el problema de cómo desechar las palas de las turbinas actuales una vez desmanteladas, y se prevé que para 2050 se produzcan 43 millones de toneladas de residuos de palas en todo el mundo.¹⁴

2 FUNCIÓN DE LOS SERVICIOS

2.1 Servicios técnicos

Hay una amplia variedad de servicios (muchos de los cuales son muy técnicos) en la generación de energía eólica marina. Se trata de servicios propios de cada etapa, desde el desarrollo y la gestión de un proyecto de energía eólica marina, hasta la fabricación de turbinas eólicas, el equilibrado de la planta, la instalación y la puesta en servicio de turbinas y parques eólicos. En la sección 4 (*infra*) se detallan las actividades de servicio técnico que contribuyen a los elementos de un proyecto de energía eólica marina.

Muchos de estos servicios técnicos son específicos de una determinada etapa del ciclo de vida de la energía eólica marina. Los servicios de ingeniería y construcción son elementos clave para la instalación y el montaje de turbinas eólicas y la construcción de subestaciones marinas. En las etapas posteriores del ciclo de vida de la energía eólica marina se necesitan servicios de mantenimiento y reparación. A menudo se trata de servicios complementarios de las mercancías utilizadas en los proyectos de energía eólica marina y suele suministrarlos el proveedor del sistema, que contrata embarcaciones a tal efecto.¹⁵

2.2 Servicios auxiliares

Tanto el sector como los círculos académicos han señalado que el alcance de los servicios ambientales debe ser más amplio que los servicios "básicos" designados por la clasificación 94 de la CPC (OCDE, 2022; Swedish National Board of Trade, 2014; KPMG, 2021). Los servicios relacionados con el medio ambiente, en particular los relacionados con el desarrollo, el despliegue, la puesta en marcha, el mantenimiento y la retirada de bienes ambientales, contribuyen a un uso final ecológico, pero no están incluidos en la definición clásica de servicios ambientales.

Con el desarrollo de la energía eólica marina, también han aumentado los servicios que son necesarios para hacer posible el éxito de esos proyectos. En los proyectos de la energía eólica marina se utilizan servicios como los de investigación y el desarrollo, los servicios financieros, los servicios de seguros y los de mantenimiento. Como se pone de manifiesto en la sección 4, el desarrollo, la instalación, el mantenimiento y el desmantelamiento de los proyectos de energía eólica marina requieren servicios profesionales, servicios prestados a las empresas y servicios digitales, que sin embargo no aparecen clasificados como servicios ambientales en la definición del código 94 de la CPC (OCDE, 2022).

A lo largo de las primeras etapas del ciclo de vida del proyecto hacen falta conocimientos especializados, por ejemplo para formular una estrategia ambiental y para elaborar modelos en lo que se refiere a la viabilidad, el riesgo y la resiliencia. En las etapas posteriores son varios los servicios que ayudan a establecer el proyecto y a su funcionamiento cotidiano y su explotación, como la creación de entidades especializadas, los servicios de contabilidad y asesoramiento

¹¹ Beauson, J., Laurent, A., Rudolph, D. P. y Jensen, J. P., 2022. The complex end-of-life of wind turbine blades: A review of the European context. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 155, página 111847.

¹² Sustainable decommissioning: Wind Turbine Blade Recycling, Catapult Offshore Renewable Energy.

¹³ <https://www.scientificamerican.com/article/recycled-wind-turbines-could-be-made-into-plexiglass-diapers-or-gummy-bears/>.

¹⁴ Wind Turbine Blade Waste in 2050. Autores: Pu Liu y Claire Y Barlow. University of Cambridge Institute for Manufacturing.

¹⁵ <https://www.thecrownstate.co.uk/media/2861/guide-to-offshore-wind-farm-2019.pdf>.

tributario, los gestores de activos, los proveedores de servicios de funcionamiento y mantenimiento y los consultores técnicos. Por ejemplo:

- **Servicios jurídicos:** Los servicios jurídicos y los consultores son fundamentales en muchas etapas de los proyectos de energía eólica marina. Por lo general, al poner en marcha el proyecto se establece una entidad especializada que gestiona el proceso de desarrollo y subcontrata las tareas a diversos consultores especializados. Se trata de una entidad jurídica que invierte en el proyecto de parque eólico, del que es propietaria. Tareas como la obtención de la autorización para la planificación o el arrendamiento de terrenos se hacen con el apoyo de diversos servicios prestados a las empresas.
- **Servicios financieros:** Los proyectos pueden financiarse de diferentes maneras. La energía eólica marina necesita mucho capital, en un primer momento tiene grandes costos de equipo, pero luego los costos disminuyen y se limitan al funcionamiento y el mantenimiento. Un estudio de caso de la empresa UK Wind1 —un parque eólico marino británico— muestra un buen ejemplo. El proyecto se estructura con una proporción de alrededor de un 80% de deuda y un 20% de capital. La deuda está garantizada en lo que respecta a los principales contratos y activos del proyecto. Los prestamistas tienen prioridad frente a los aseguradores.¹⁶ Greencoat UK Wind PLC es un fondo de inversión del Reino Unido que invierte en parques eólicos del Reino Unido. El propio fondo utiliza servicios auxiliares, en este caso los de BDO, una empresa que presta servicios de contabilidad y asesoramiento empresarial. BDO actuó como contable encargado de presentar los informes y se encargó de muchos aspectos, desde los relativos a la debida diligencia, al examen de la información sobre las previsiones financieras y la verificación de la información financiera de los activos adquiridos por el Fondo.¹⁷
- **Servicios de consultoría:** Determinados bloques de tareas se les encomiendan a consultoras de medio ambiente e ingeniería; se trata de tareas clave que hay que llevar a cabo en la etapa de desarrollo de los proyectos de energía eólica marina, como la realización de estudios ambientales antes de que el proyecto pueda pasar a la siguiente etapa.
- **Servicios de investigación y desarrollo:** Los servicios de investigación y desarrollo son fundamentales tanto para crear nuevos proyectos energéticos como para mejorar los proyectos que ya están en marcha. La investigación contribuye a las tareas de diseño y fabricación previas a los proyectos, por ejemplo, mejorando la fiabilidad de las turbinas y desarrollando tecnologías de instalación novedosas que permiten reducir los costos y los riesgos. La I+D también contribuye una vez que el proyecto está en marcha y se ha puesto en funcionamiento, por ejemplo mediante la mejora de las técnicas de los drones y el análisis de datos para mejorar la explotación y el mantenimiento.¹⁸

2.3 Obstáculos al comercio de servicios

La adopción de las tecnologías de la información y las comunicaciones ha dado un fuerte impulso a la posibilidad de comercializar servicios, y en la actualidad, muchos de los servicios mencionados se pueden suministrar utilizando redes informáticas.¹⁹ Sin embargo, sigue habiendo obstáculos reglamentarios, como las restricciones al flujo transfronterizo de datos y los requisitos de presencia comercial, que restringen el suministro digital de servicios. El Índice de Restricción del Comercio de Servicios Digitales (DSTRI) de la OCDE muestra que hay obstáculos transversales que inhiben la capacidad de las empresas para suministrar servicios por medio de redes electrónicas o prohíben totalmente ese suministro, y esos obstáculos han ido en aumento. El principal factor son las restricciones relacionadas con la interconexión en las infraestructuras de comunicación y las restricciones que afectan a la conectividad.

¹⁶ https://www.scor.com/sites/default/files/2021-04/Offshore_Wind_Farm_Finance-CaseStudy_0.pdf.

¹⁷ <https://www.cityoflondon.gov.uk/supporting-businesses/economic-research/research-publications/in-service-of-sustainable-infrastructure>.

¹⁸ <https://ore.catapult.org.uk/what-we-do/supply-chain-growth/torc-2/>.

¹⁹ Véase el volumen 1 del Manual para la medición del comercio digital elaborado por la OCDE, la OMC y el FMI.

La OCDE concluye que se obtendrían grandes beneficios de la eliminación de los obstáculos al comercio de servicios digitales, sobre todo en el caso de las economías emergentes, en las que los beneficios de la reforma hacen que aumenten los ingresos de exportación.²⁰

Los obstáculos a los servicios suelen encontrarse al otro lado de la frontera, más que en la propia frontera, y suelen ser el resultado de un equilibrio entre diferentes cuestiones de política interna. Por ejemplo, los servicios utilizados en el sector de la energía eólica marina pueden enfrentarse a obstáculos transversales a la inversión y restricciones al movimiento de personas. En la esfera de la ingeniería, cerca de una tercera parte de todas las restricciones recogidas en el Índice de Restricción del Comercio de Servicios de la OCDE (STRI) tiene que ver con los contingentes, las pruebas del mercado de trabajo y las limitaciones a la duración de la estancia de las personas de negocios. Casi la mitad de los países incluidos en el STRI de la OCDE imponen algún tipo de requisitos de nacionalidad o ciudadanía para los altos directivos y los consejos de administración que restringen el comercio de servicios, incluido el de las finanzas y los seguros. Los acuerdos de libre comercio son buenos ejemplos de casos en que los países han eliminado o suavizado esas restricciones.

Los servicios profesionales, como los servicios de contabilidad, arquitectura, los servicios jurídicos y los de ingeniería, también están sujetos a restricciones en cuanto al reconocimiento de los títulos de aptitud que afectan negativamente al comercio internacional de esos servicios. Los datos del STRI muestran que algunos países imponen requisitos de nacionalidad o ciudadanía para ejercer la arquitectura, o bien carecen de leyes o reglamentos que regulen los procesos de reconocimiento de los títulos de aptitud obtenidos en el extranjero. Los países pueden facilitar el comercio de servicios mediante la cooperación en materia de reconocimiento de títulos de aptitud, del mismo modo que pueden alentar a los órganos pertinentes a que examinen la posibilidad de incluir las aptitudes de sostenibilidad como requisito para el reconocimiento, con miras a promover mejor los objetivos ambientales.

3 DIAGRAMAS DE LA CADENA DE VALOR

En nuestro documento técnico titulado "Building our Evidence Base around environmental goods"²¹ (Desarrollo de la base empírica relativa a los bienes ambientales) incluimos diagramas de la cadena de valor de los bienes ambientales, que constituyen una poderosa herramienta para organizar la información clave relativa a las mercancías.

Los diagramas de la cadena de valor visualizan y describen una serie de actividades manufactureras o procesos de producción que se aplican a los insumos de materias primas y los productos intermedios al transformarlos en productos finales, que se combinan para formar soluciones tecnológicas a problemas ambientales. En esos diagramas se describen tanto los bienes como los servicios, la producción y el comercio. Por consiguiente, pueden impulsar el estudio de los obstáculos al comercio y los problemas conexos y se pueden complementar con información adicional.

Al reunir diferentes tipos de información, los diagramas pueden ayudarnos a comprender mejor la relación entre los bienes, los servicios, la producción, el comercio y el medio ambiente, además de ayudarnos a desarrollar políticas comerciales, industriales y ambientales mejores y más coordinadas.

Los diagramas de la cadena de valor incluidos en esta sección se han anotado con códigos de productos a título meramente ilustrativo. Por lo general, los nombres de los productos son por sí solos insuficientes para recabar un dictamen formal sobre la clasificación, dado que no contienen una explicación de las características esenciales del producto. Habría que comparar esas características con las notas explicativas del sistema armonizado para recabar un dictamen formal.

La información que figura en estos diagramas se ha obtenido de la guía para parques eólicos marinos del Proyecto UK Offshore Renewable Energy Catapult del Reino Unido.²² El objetivo de la guía es ayudar a que se conozcan mejor los componentes y procesos que intervienen en el desarrollo de los parques eólicos marinos en el Reino Unido. La publicación en cuestión se basa en esa premisa aplicando un marco de cadena de valor al contenido de la guía, al que se puede añadir información

²⁰ OCDE (2023) 'Of bytes and trade: Quantifying the impact of digitalisation on trade', https://www.oecd-ilibrary.org/trade/of-bytes-and-trade-quantifying-the-impact-of-digitalisation-on-trade_11889f2a-en.

²¹ [INF/TE/SSD/W/23](https://www.oecd-ilibrary.org/trade/of-bytes-and-trade-quantifying-the-impact-of-digitalisation-on-trade_11889f2a-en).

²² <https://guidetoanoffshorewindfarm.com/>.

pertinente sobre política comercial, como ponen de manifiesto los códigos de productos básicos. La propia guía contiene más información cualitativa sobre cada etapa del ciclo de vida de los parques eólicos²³ y presenta un desglose completo de los costos en libras/MW.²⁴ Asimismo, contiene un mapa de las cadenas de suministro de los parques eólicos del Reino Unido, Europa y el mundo en su conjunto.²⁵

En el anexo al presente documento ([INF/TE/SSD/W/26/Add.1](#)) figuran más diagramas de la cadena de valor.

Diagramas de la cadena de valor - Leyenda:

Código de colores	Significado
	Actividad manufacturera o proceso de producción que interviene en la fabricación o el montaje de una turbina eólica
	Insumo, producto intermedio, producto final o servicio suministrado en cualquier etapa del ciclo de vida de un parque eólico marino

²³ <https://guidetoanoffshorewindfarm.com/lifecycle>.

²⁴ <https://guidetoanoffshorewindfarm.com/wind-farm-costs>.

²⁵ <https://guidetoanoffshorewindfarm.com/supply-chain-map>.

3.1 Turbinas eólicas

La turbina convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica de corriente alterna trifásica.

3.1.1 Góndola

La góndola soporta el rotor y convierte la energía rotacional del rotor en energía eléctrica de corriente alterna trifásica.

- **Bancada:** soporta el tren de potencia y los demás componentes de la góndola y transfiere la carga del rotor a la torre.
- **Cojinete principal:** soporta el rotor y transfiere parte de la carga del rotor a la bancada de la góndola.
- **Eje principal:** transfiere el par del rotor a la caja de cambios o, en algunos diseños de transmisión directa, al generador. Está soportado en el extremo del rotor por el cojinete del eje principal y en el otro extremo por la caja de cambios o el generador, o bien por un cojinete montado por separado.
- **Caja de cambios:** convierte el par del rotor de una velocidad de entre 5 y 15 rpm a una velocidad de hasta unas 600 rpm, en el caso de una caja de cambios de velocidad media, y 1500 rpm, para una caja de cambios de velocidad alta, con objeto de que el generador realice la conversión a energía eléctrica.
- **Generador:** convierte la energía mecánica en energía eléctrica.
- **Toma de fuerza:** recibe la energía eléctrica del generador y ajusta el voltaje y la frecuencia para transmitirla al sistema de distribución del parque eólico.
- **Sistema de control:** permite funciones de supervisión (entre otras cosas, del buen estado de la turbina) y controlar activamente la energía y la carga para optimizar la vida de la turbina eólica y la generación de ingresos, además de permitir el cumplimiento de prescripciones externas.
- **Sistema de giro:** orienta la góndola en la dirección del viento durante el funcionamiento.
- **Anillo de orientación:** conecta la góndola y la torre, permitiendo al sistema de giro orientar la góndola en la dirección del viento durante el funcionamiento.
- **Sistemas auxiliares:** facilitan el funcionamiento constante de la turbina eólica sin supervisión la mayor parte del tiempo, y contribuyen a las funciones de mantenimiento previstas, que por lo general solo hay que hacer una vez al año.
- **Carcasa de la góndola:** protege los componentes de la góndola frente a las inclemencias meteorológicas, además de dar soporte y acceso a los componentes externos, como los componentes de refrigeración, anemómetros y dispositivos pararrayos.

- **Pequeños componentes de ingeniería:** componen el resto de la estructura de la góndola.
- **Elementos de fijación estructurales (bulones o pernos):** se utilizan en una serie de juntas empernadas críticas, por ejemplo la conexión del rotor con el eje principal, las cajas de cojinetes con la bancada de la góndola y el anillo de orientación con la parte inferior de la bancada de la góndola.
- **Sistemas de control del estado:** permiten otras comprobaciones de la situación de la turbina, así como predecir posibles disfunciones.

3.1.2 Rotor

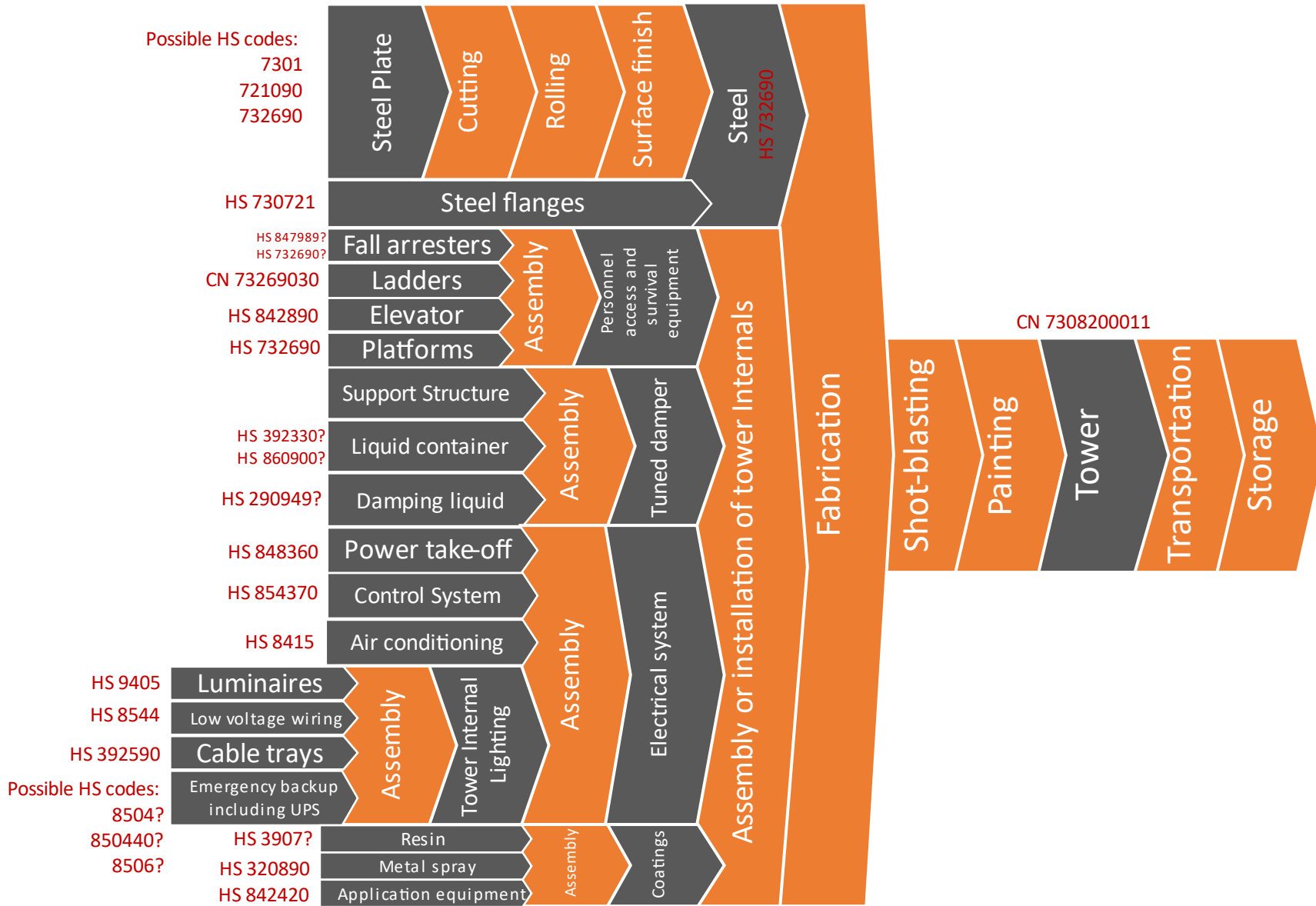
El rotor extrae la energía cinética del aire y la convierte en energía rotacional en el tren de potencia.

- **Palas:** capturan la energía presente en el viento y transfieren el par y otras cargas no deseadas al tren de potencia y al resto de la turbina.
- **Buje:** conecta las palas con el eje principal.
- **Cojinetes de pala:** permiten ajustar el ángulo de la pala para controlar la producción de energía a partir de la turbina, minimizar las cargas y poner en marcha o detener la turbina, según sea necesario.
- **Sistema de pitch:** ajusta el ángulo de las palas para controlar la producción de energía de la turbina, minimizar la carga y poner en marcha o detener la turbina, según sea necesario.
- **Cono:** protege el buje del entorno y permite acceder al buje y a las palas al personal de mantenimiento.
- **Sistemas auxiliares del rotor:** pueden incorporarse con objeto de lubricar los rodamientos y facilitar la vigilancia del estado del rotor y proporcionar datos de control avanzados.
- **Componentes fabricados en acero:** a menudo necesarios para reforzar el soporte de los cojinetes de pala y conectar los actuadores del sistema hidráulico de pitch.

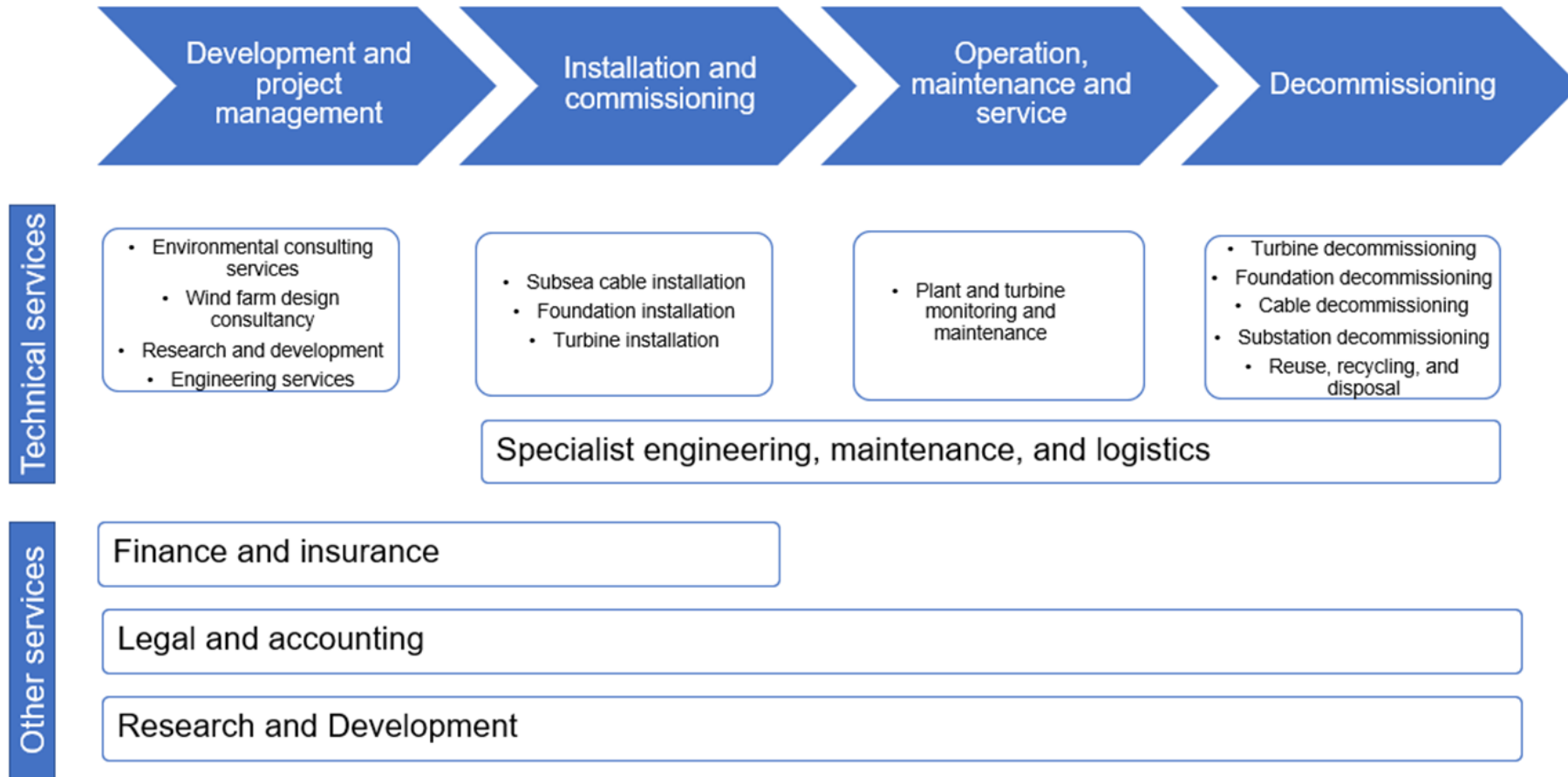
3.1.3 Torre

Por lo general consiste en una estructura de acero tubular que soporta la góndola. Asimismo, da acceso a la góndola y alberga equipo eléctrico y de control, y sirve para proteger y almacenar el equipo de seguridad.

- **Acero:** es el material más utilizado para fabricar las torres.
- **Parte interna de la torre:** proporciona una vía de acceso, iluminación y seguridad para el personal de mantenimiento y servicios, así como una vía para transferir herramientas y componentes a la góndola. Alberga el cableado eléctrico y de control, así como aparatos de conmutación, transformadores y tomas de fuerza. La parte interna de la torre también alberga el equipo de supervivencia. En la parte superior de la torre se puede instalar un amortiguador para ayudar a amortiguar las resonancias de la torre y la estructura.



4 EJEMPLOS DE SERVICIOS (TÉCNICOS Y AUXILIARES) SUMINISTRADOS DURANTE EL CICLO DE VIDA DE LOS PROYECTOS DE ENERGÍA EÓLICA MARINA



Se trata de una lista indicativa de ejemplos de servicios (técnicos y auxiliares) que pueden participar en el ciclo de vida de los proyectos de energía eólica marina. No se trata de una lista exhaustiva y está sujeta a cambios.