

Recomendaciones para el desarrollo de energía eólica marina en Chile



Autor:

Alexandra Connon,
Cesar Diaz

Fecha: 13/07/2026

En colaboración con:



Department for
Business & Trade

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

Si bien la información contenida en este informe se ha preparado y recopilado de buena fe, ORE Catapult no ofrece ninguna declaración ni garantía (expresa o implícita) sobre la exactitud o integridad de la información aquí contenida, ni será responsable de ninguna pérdida o daño resultante de la confianza depositada en ella.

HISTORIAL DEL DOCUMENTO

Revisión	Fecha	Preparado por	Revisado por	Aprobado por	Historial de revisiones
Rev 1	31/03/2026	Alexandra Connon Cesar Diaz	Kabindra Dhakal	Tom Quinn	
Rev 2	21/05/2026	Alexandra Connon Cesar Diaz	Kabindra Dhakal		
Rev 3	13/07/2026	Alexandra Connon Cesar Diaz	Kabindra Dhakal		

Campo	Detalle
Título del informe	Recomendaciones para el desarrollo de la energía eólica marina en Chile
Estado	Privado
Referencia del documento	PN000864-RPT-CL-3 Rev 3 s3

RESUMEN EJECUTIVO

ORE Catapult ha sido encargado por el Departamento de Negocios y Comercio del Reino Unido, para compartir las lecciones aprendidas de la experiencia del Reino Unido en energía eólica marina (OSW). Este programa se basa en la experiencia británica para evaluar los principales desafíos que afectan al desarrollo de la energía eólica marina en los mercados emergentes e identificar posibles soluciones.

Chile está bien posicionado para desarrollar su sector de OSW, respaldado por sus importantes recursos eólicos, la creciente demanda de electricidad y los objetivos de descarbonización a largo plazo. Sin embargo, el marco actual que posibilita la energía eólica marina en Chile se encuentra en una etapa temprana de desarrollo. Entre los principales desafíos se incluyen la limitada coordinación entre la planificación y la infraestructura, la incertidumbre en la obtención de permisos debido a la falta de datos ambientales, las limitaciones en la transmisión y los riesgos para la aceptación social --en particular con las comunidades pesqueras y costeras.

A pesar de estos desafíos, la energía eólica marina representa una importante oportunidad para impulsar el desarrollo económico regional y el crecimiento industrial, especialmente en regiones como el Biobío. Para aprovechar este potencial, se requiere un marco coordinado de políticas e infraestructura que reduzca el riesgo de inversión, armonice la ejecución en todos los sectores y garantice una integración eficiente del sistema.

Basándose en la experiencia del Reino Unido y la colaboración con actores clave de la industria, este informe presenta una serie de recomendaciones para apoyar el desarrollo de un mercado de OSW escalable y atractivo para la inversión en Chile. Se han recabado opiniones de actores clave del Reino Unido en los ámbitos de puertos, planificación de fondos marinos, redes de transmisión, política energética, mano de obra y habilidades, factores ambientales y cadenas de suministro, junto con aportaciones de actores clave de la industria chilena.

Las áreas de enfoque consideradas para el desarrollo de OSW en Chile no son todas iguales y algunas requerirán mayor prioridad que otras. Para el sector emergente de Chile, la importancia relativa de estas áreas se puede entender a través de su impacto en el sistema y su urgencia en el cronograma de desarrollo. Los elementos centrales que definen el sistema, en particular el diseño de arrendamiento del lecho marino, la planificación de la red de transmisión, la estrategia portuaria y la política energética general, son de alto impacto y de alta urgencia, ya que establecen las condiciones físicas, regulatorias y de inversión que determinan si la energía eólica marina se puede implementar a gran escala. Estas decisiones son sensibles al tiempo porque una desalineación temprana corre el riesgo de crear restricciones estructurales a largo plazo, como lo demuestra la experiencia del Reino Unido, donde la coordinación temprana insuficiente entre el despliegue de la energía eólica marina y la planificación de la red ha contribuido a persistentes cuellos de botella y retrasos en la transmisión, así como a la restricción de la producción.

Además, la evidencia de las partes interesadas en Chile sugiere que el caso económico para el desarrollo de la energía eólica marina en Chile, particularmente en la región del Biobío, también se

ubica firmemente en esta categoría de alto impacto y alta urgencia. El Biobío ha sido identificado consistentemente como un candidato principal para el despliegue de energía eólica marina debido a su base industrial, infraestructura portuaria, experiencia en construcción naval y capacidad institucional. Una narrativa económica local claramente articulada, que demuestre empleos, flujos de inversión y creación de valor regional, probablemente sea un factor importante para generar impulso de inversión. En este sentido, establecer un caso económico sólido y creíble es una condición previa para la formación temprana del mercado, lo que lo hace tanto sensible al tiempo como de configuración del sistema.

En cambio, el desarrollo de la cadena de suministro y la planificación de la fuerza laboral siguen siendo de suma importancia en términos de impacto a largo plazo, pero resultan comparativamente menos urgentes en la fase inicial de la formación del mercado. Estas áreas responden mejor a la generación de una cartera de proyectos confiable y, por lo tanto, pueden escalar al ritmo de las rondas de arrendamiento de fondos marinos confirmadas y el desarrollo de la red de transmisión. Sin embargo, esto no implica demoras en la preparación; más bien, las acciones iniciales deben centrarse en mecanismos de coordinación, previsión de competencias y señalización del sector para garantizar la preparación a medida que se acelera el despliegue.

Las áreas prioritarias se han clasificado utilizando un marco de priorización de tres niveles para reflejar su importancia relativa en el desarrollo de la energía eólica marina en Chile. El Nivel 1 representa las áreas más críticas y definitorias del sistema, que son altamente sensibles al tiempo y de alto impacto. El Nivel 2 incluye áreas que siguen siendo esenciales para una ejecución exitosa, pero que responden mejor a las decisiones iniciales del sistema o pueden desarrollarse en paralelo con los proyectos emergentes. El Nivel 3 abarca las funciones de apoyo y facilitación que siguen siendo importantes a largo plazo, pero que están impulsadas principalmente por la demanda y, por lo tanto, son menos urgentes en la fase inicial de formación del mercado, escalando a medida que la industria madura. Estas recomendaciones y clasificaciones clave se resumen en la *Tabla 1*.

Tabla 1: Recomendaciones clave para el desarrollo de OSW en Chile

Recomendaciones para el desarrollo de la energía eólica marina en Chile	
	Puertos
T1	Chile debería adoptar un enfoque estratégico para el desarrollo portuario mediante la identificación de un número limitado de puertos prioritarios en función de su ubicación, fortaleza industrial y su papel dentro de la cadena de suministro de residuos sólidos urbanos.
T2	Chile debería alinear la inversión portuaria con un plan de OSW claro y definido regionalmente, al tiempo que fortalece la viabilidad comercial de los OSW dentro de los puertos.
T2	Chile debería adoptar modelos de financiación de riesgo compartido y mejorar los procesos de concesión de permisos para permitir una inversión portuaria eficiente.
	Arrendamiento de fondos marinos
T1	Chile debería diseñar marcos de arrendamiento que permitan reducir riesgos, priorizar la capacidad de entrega e incentivar el avance oportuno de los proyectos.
T1	Chile debería adoptar un enfoque basado en la planificación para el desarrollo de aguas oceánicas, respaldado por un plan marino sectorial y una participación estructurada de las partes interesadas.
T1	Chile debería integrar la planificación de los fondos marinos con los objetivos de infraestructura del sistema y desarrollo económico.

	Política energética
T1	Chile debería desarrollar una estrategia nacional de trabajo en el lugar con una sólida coordinación central en todo el gobierno.
T1	Chile debería alinear su política de aguas residuales con el desarrollo de la red eléctrica y la planificación general del sistema.
T1	Chile debería establecer un marco de mercado estable y atractivo para la inversión que proporcione certeza de ingresos a largo plazo, al tiempo que prioriza la capacidad de ejecución de los proyectos.
T1	Chile debería incorporar la reducción de costos y la eficiencia del sistema en la política de residuos sólidos urbanos desde el principio.
	Planificación de la red de transmisión
T1	Chile debería aprovechar su marco de planificación de transmisión centralizado existente, fortaleciendo la coordinación entre la planificación y la ejecución.
T1	Chile debería priorizar los corredores de transmisión con mayor riesgo de retraso para la evaluación de soluciones de transmisión marina.
T1	Chile debería realizar estudios de viabilidad detallados sobre el despliegue de sistemas HVDC en alta mar en corredores de alta prioridad.
	Perspectivas de las partes interesadas chilenas
T1	Chile debería posicionar a Biobío como un centro regional inicial para el desarrollo de OSW.
T1	Chile debería implementar un compromiso estructurado con las comunidades pesqueras y costeras para construir una licencia social.
T3	Chile debería establecer un ecosistema coordinado de investigación e innovación en OSW y adoptar un enfoque estratégico de seguimiento rápido para apoyar un desarrollo de mercado eficiente.
	Mano de obra y habilidades
T2	Chile debería adoptar una estrategia integrada para el desarrollo de la fuerza laboral, alineando la modelización de la misma con los objetivos energéticos nacionales y la cartera de proyectos.
T3	Chile debería establecer un organismo de seguimiento de las competencias en energía eólica marina que alinee al gobierno, la industria y las instituciones educativas y coordine las tareas.
T2	Chile debería establecer un programa de transferencia de mano de obra en Biobío.
	Factores ambientales
T1	Chile debería utilizar proyectos piloto para generar evidencia nacional.
T1	Chile debería acordar planes de estudio y recopilación de pruebas antes de empezar con las Evaluaciones de Impacto Ambiental.
T1	Chile debería crear pronto un marco formal de consenso interinstitucional.
	Cadena de suministro
T2	Chile debería establecer un organismo coordinador, como el Consejo de la Industria Eólica Marina, para alinear al gobierno, la industria y los inversionistas.
T2	Chile debería desarrollar una estrategia nacional de cadena de suministro basada en un análisis claro de “fabricar versus comprar”.
T3	Chile debería utilizar incentivos, no mandatos rígidos, para impulsar el contenido local.

En general, la clasificación sugiere que Chile debería priorizar las decisiones tempranas y de alto impacto en la planificación del sistema, particularmente en lo que refiere al arrendamiento del lecho marino, la planificación de la red de transmisión, la estrategia portuaria y la política

energética, además de establecer un caso económico claro para la energía eólica marina en Biobío. Los elementos más adaptativos, como la expansión de la fuerza laboral y la localización de la cadena de suministro, deberían secuenciarse después del desarrollo de una cartera de proyectos sólida, dando prioridad a las áreas donde las decisiones tempranas son más difíciles de revertir y donde la coordinación entre la industria y el gobierno es más crítica. Es importante destacar que la coordinación entre las autoridades nacionales y regionales es clave para aprovechar con éxito los beneficios más amplios de la energía eólica marina.

La energía eólica marina tiene el potencial de desempeñar un papel importante en la transición energética de Chile, contribuyendo a la descarbonización, la seguridad energética y el desarrollo económico. Sin embargo, aprovechar esta oportunidad dependerá de la capacidad de reducir la incertidumbre, coordinar entre sectores y armonizar la infraestructura y los marcos normativos.

Al adoptar un enfoque estratégico, coordinado y con visión de futuro, Chile puede establecer un sector eólico marino competitivo y sostenible, que respalde el crecimiento económico a largo plazo y un sistema energético resiliente y con bajas emisiones de carbono.

CONTENIDO

1	Introducción	1
2	Desarrollo portuario	2
2.1	Identificar y apoyar estratégicamente los puertos prioritarios	2
2.2	Alinear la inversión portuaria con la estrategia de arrendamiento y oleoductos OSW	2
2.3	Adoptar modelos de financiación combinados y de riesgo compartido para impulsar la inversión portuaria	3
2.4	Mejorar la certeza y la previsibilidad en la concesión de permisos portuarios	4
2.5	Resumen de las recomendaciones portuarias	4
3	Planificación del lecho marino	5
3.1	Separar la planificación estratégica marina de la adjudicación y el arrendamiento de fondos marinos	5
3.2	Adoptar un enfoque basado en la planificación para la planificación y el arrendamiento marítimos	5
3.3	Base la planificación espacial en la participación de un amplio abanico de partes interesadas	6
3.4	Diseñar marcos de arrendamiento para garantizar el progreso del proyecto	7
3.5	Integrar la planificación del lecho marino con la entrega del sistema y el valor económico	7
3.6	Resumen de las recomendaciones para la planificación del lecho marino	8
4	Política energética	10
4.1	Desarrolle un plan de acción integral para la gestión de residuos sólidos urbanos antes de lanzar las licitaciones	10
4.2	Establecer una sólida coordinación central y una alineación intersectorial temprana	10
4.3	Establecer un mecanismo de apoyo a los ingresos estable y atractivo para la inversión	11
4.4	Apoyar el desarrollo de la cadena de suministro mediante medidas políticas específicas	12
4.5	Coordinar la política de energía eólica marina con la planificación de la red eléctrica desde el principio	12
4.6	Situar la participación comunitaria en el centro del desarrollo	13

4.7	Mantener el enfoque en la reducción de costos y la eficiencia del sistema	13
4.8	Resumen de las recomendaciones sobre política energética	14
5	Planificación de la red de transmisión	15
5.1	Fortalecer la planificación centralizada de la transmisión mediante una mejor ejecución y asignación de riesgos	15
5.2	Priorizar los corredores de transmisión en riesgo de retraso para soluciones marinas	16
5.3	Realizar estudios de viabilidad para el despliegue de sistemas HVDC en alta mar	16
5.4	Resumen de las recomendaciones para la planificación de la transmisión	17
6	Perspectivas de las partes interesadas chilenas	18
6.1	Establecer Biobío como región líder para el desarrollo de OSW	18
6.2	Establecer un marco estructurado de participación en materia de pesca y zonas costeras	18
6.3	Fortalecer el desarrollo del conocimiento y posicionar a Chile como un seguidor estratégico rápido	19
6.4	Resumen de las recomendaciones de las partes interesadas chilenas	20
7	Mano de obra y habilidades	21
7.1	Desarrollar un plan integral y a largo plazo para la fuerza laboral del sector eólico marino	21
7.2	Establecer un sistema para monitorear y coordinar el desarrollo de la fuerza laboral	21
7.3	Capacitando a la fuerza laboral del futuro	22
7.4	Transferencia de habilidades existentes	23
7.5	Apoyar el desarrollo a largo plazo de la fuerza laboral de Operación y Mantenimiento	23
8	Factores ambientales	24
8.1	Gestión de proyectos de almacenamiento de agua en aguas oceánicas para minimizar el impacto en áreas marinas y costeras protegidas	24
8.2	Marcos de gobernanza: Coordinación de los reguladores ambientales y las autoridades de planificación durante el proceso de autorización de parques eólicos marinos	25
8.3	Medidas y tecnologías de mitigación: métodos para minimizar los impactos ambientales	26
8.4	Monitoreo ambiental posterior al consentimiento: garantizar que los impactos ecológicos a largo plazo se evalúen eficazmente	28

8.5	Integración de las comunidades locales en los requisitos de monitoreo ambiental para la energía eólica marina	28
8.6	Resumen de recomendaciones	29
9	Cadena de suministro	30
9.1	Factores clave de la cadena de suministro de OSW	30
9.2	Las lecciones aprendidas por el Reino Unido	32
9.3	Captura de beneficios económicos: Contenido local	33
9.4	Del plan a la realidad: el Plan de Crecimiento Industrial	35
9.5	Recomendaciones	37
10	Conclusión	39

NOMENCLATURA

ABP	Puertos británicos asociados
CEFAS	Centro para el Medio Ambiente, la Pesca y la Acuicultura
CfD	Contrato por diferencia
CIB	Bonificación por industria limpia
DCO	Orden de consentimiento de desarrollo
DFRA	Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Agricultura
DESNZ	Departamento de Seguridad Energética y Energía Neta Cero
EIA	Evaluación de impacto ambiental
EMF	Fuerzas electromagnéticas
EN-3	Declaración de política nacional para la infraestructura de energías renovables 3
FID	Decisión final de inversión
FLOWMIS	Plan de inversión para la fabricación de equipos eólicos marinos flotantes
FOW	Energía eólica marina flotante
GVA	Valor añadido bruto
GW	Gigavatios
HDD	Técnicas de perforación horizontal
HRA	Evaluación de las Regulaciones de Hábitats
HVDC	Corriente continua de alto voltaje
IGP	Plan de Crecimiento Industrial
JNCC	Comité Conjunto de Conservación de la Naturaleza
LCOE	Coste nivelado de la energía
MCZ	Zonas de Conservación Marina

MD-LOT	Equipo de Operaciones de Licencias de la Dirección Marítima
MMO	Organización de Gestión Marina
MPA	Áreas marinas protegidas
NGO	Organizaciones no gubernamentales
OSW	Energía eólica marina
OWIC	Consejo de la Industria Eólica Marina
OWMIS	Plan de inversión para la fabricación de equipos eólicos marinos
SCCA	Evaluación de la capacidad de la cadena de suministro
SCDS	Declaraciones sobre el desarrollo de la cadena de suministro
SCP	Planes de la cadena de suministro
SNCB	Organismos estatutarios de conservación de la naturaleza

1 INTRODUCCIÓN

El sector eólico marino de Chile está entrando en una fase importante con el desarrollo de una evaluación de escenarios de OSW, que busca guiar su despliegue entre 2035 y 2050. Con el potencial de alcanzar hasta 30 GW de capacidad instalada para 2050, la energía eólica marina está llamada a convertirse en un componente central de la futura matriz energética de Chile. La integración de la energía eólica marina podría desempeñar un papel clave en el apoyo a los objetivos de descarbonización, el fortalecimiento de la seguridad energética y la satisfacción de la creciente demanda de electricidad.

Para aprovechar este potencial se requerirá una acción coordinada en materia de políticas, planificación, infraestructura y diseño de mercado. Chile enfrenta una serie de desafíos estructurales e institucionales que podrían afectar el ritmo y la escala del despliegue de OSW. Estos incluyen procesos de permisos complejos, marcos regulatorios en constante evolución, limitaciones de transmisión y la necesidad de desarrollar cadenas de suministro locales y capacidades de la fuerza laboral. Abordar estos desafíos con anticipación será clave para permitir un despliegue oportuno, rentable y escalable.

Este informe establece una serie de recomendaciones específicas y prácticas para apoyar el desarrollo de un mercado de OSW en el que se puede invertir en Chile. Se centra en los puntos clave necesarios para facilitar el despliegue a escala, incluidos los marcos regulatorios y de políticas, la planificación y el consentimiento de los fondos marinos, la transmisión y la infraestructura, y el desarrollo industrial y de la fuerza laboral.

Las recomendaciones se basan tanto en la experiencia específica de Chile como en las lecciones aprendidas de mercados eólicos marinos más maduros, en particular el del Reino Unido. La energía eólica marina se ha consolidado como un caso de éxito notable en el Reino Unido, donde se ha logrado un despliegue comercial a gran escala junto con una importante reducción de costos. El Reino Unido se ha establecido como líder mundial en energía eólica marina, demostrando cómo la coordinación de políticas, la planificación estratégica y la inversión sostenida han sido clave para lograrlo. Con un objetivo de 43-50 GW para 2030, se espera que la energía eólica marina desempeñe un papel fundamental en el cumplimiento de las ambiciones de descarbonización y seguridad energética del Reino Unido.

Partiendo de esta experiencia, este informe recoge las aportaciones de las partes interesadas del Reino Unido en áreas clave como puertos, cadena de suministro, calificaciones y planificación de los fondos marinos. Estas lecciones se han traducido en un conjunto de recomendaciones prácticas diseñadas para apoyar a los responsables políticos, reguladores y actores del sector chileno. El objetivo general es respaldar el despliegue coordinado y rentable de OSW, maximizando al mismo tiempo sus beneficios económicos, sociales y regionales más amplios.

2 DESARROLLO PORTUARIO

Los puertos desempeñan un papel fundamental para facilitar el despliegue de OSW, apoyar la construcción, las operaciones y la cadena de suministro en general. Esta sección presenta una serie de recomendaciones específicas para guiar el desarrollo estratégico de los puertos en Chile, basándose en las lecciones aprendidas en el Reino Unido.

2.1 Identificar y apoyar estratégicamente los puertos prioritarios

Una lección clave del Reino Unido es que el desarrollo portuario es más eficaz cuando se prioriza estratégicamente. Los puertos ubicados cerca de zonas de desarrollo de OSW pueden reducir los tiempos de tránsito de los buques y disminuir el costo nivelado de la energía del proyecto. Además, la proximidad a clústeres industriales consolidados proporciona acceso a proveedores, mano de obra calificada e infraestructura existente, lo que favorece un desarrollo más eficiente de la cadena de suministro. Sin un enfoque coordinado y selectivo, la inversión corre el riesgo de dispersarse demasiado en múltiples ubicaciones, lo que limita la capacidad de desarrollar puertos a la escala suficiente para dar soporte al despliegue de OSW.

Recomendación: Chile debería adoptar un enfoque estratégico para el desarrollo portuario mediante la identificación de un número limitado de puertos prioritarios en función de su ubicación, fortaleza industrial y su papel dentro de la cadena de suministro de OSW.

Acciones clave:

- Realizar una evaluación a nivel nacional de las necesidades de despliegue de energía eólica marina, las capacidades portuarias y las limitaciones geográficas
- Identificar un número limitado de puertos prioritarios en función de:
 - Proximidad a zonas de concesión de parques eólicos marinos
 - Acceso a clústeres industriales regionales y centros de demanda
 - Infraestructura existente y potencial de expansión
 - Capacidad para respaldar las actividades clave de la cadena de suministro
- Alinear el apoyo público y la inversión con estos puertos seleccionados estratégicamente

Este enfoque puede ayudar a mejorar la coordinación y garantizar que la infraestructura portuaria se desarrolle a la escala suficiente y en ubicaciones óptimas para respaldar un despliegue de OSW eficiente y rentable.

2.2 Alinear la inversión portuaria con la estrategia de arrendamiento y desarrollo de proyectos OSW

Una lección clave del Reino Unido es que la inversión portuaria depende de una clara visibilidad del futuro despliegue de OSW y de un modelo comercial sólido. La incertidumbre en torno al cronograma, la escala y la ubicación de los proyectos puede limitar la inversión privada, ya que los puertos dependen de flujos de ingresos predecibles a largo plazo. Al mismo tiempo, si los puertos se desarrollan antes de que se confirme la demanda de los proyectos, existe el riesgo de infra-utilizar

los activos y de una asignación ineficiente del capital.

Por lo tanto, es fundamental alinear el desarrollo portuario con los procesos de arrendamiento de agua en superficie. Las rondas de arrendamiento que proporcionan información clara y específica para cada región sobre el volumen, el calendario y la ubicación de los proyectos crean un entorno más propicio para la inversión, al tiempo que mejoran la viabilidad comercial de las inversiones portuarias.

Recomendación: Chile debería alinear la inversión portuaria con un plan de OSW claro y definido regionalmente, al tiempo que fortalece la viabilidad comercial de los OSW dentro de los puertos.

Acciones clave:

- Proporcionar objetivos reales a largo plazo para el despliegue de OSW y planes de desarrollo regionalmente definidos, vinculados a las rondas de arrendamiento.
- Diseñar procesos de arrendamiento que indiquen los volúmenes, plazos y ubicaciones previstos de los proyectos.
- Alinear los cronogramas de desarrollo portuario con los hitos de los proyectos OSW, incluidas las Decisiones Finales de Inversión (FID).
- Apoyar los acuerdos comerciales a largo plazo entre operadores portuarios y desarrolladores.
- Permitir que las actividades de OSW generen flujos de ingresos estables y financiables

Este enfoque ayuda a reducir el riesgo de inversión, mejorar la eficiencia del capital y aumentar la probabilidad de que la infraestructura portuaria se entregue en la escala y el momento adecuados para respaldar el despliegue de OSW. También fortalece el fundamento comercial para que los puertos asignen espacio e inversión a OSW.

2.3 Adoptar modelos de financiación combinados y de riesgo compartido para impulsar la inversión portuaria

El desarrollo portuario para OSW implica elevados costos iniciales de capital y largos plazos de inversión, requiriendo a menudo apoyo público para impulsar la inversión privada. Sin embargo, la experiencia del Reino Unido demuestra que los mecanismos de financiación mal diseñados pueden tener consecuencias no deseadas. Los programas de subvenciones competitivos a nivel nacional pueden dispersar los fondos entre varios puertos, especialmente cuando los proyectos se encuentran en diferentes fases de desarrollo. Esto puede limitar la capacidad de cualquier puerto para obtener la inversión suficiente para avanzar, además de distorsionar la dinámica del mercado local.

Asimismo, la incertidumbre en torno a la aprobación de los permisos aumenta aún más el riesgo de inversión. Los desarrolladores portuarios suelen verse obligados a comprometer un capital significativo en una fase temprana para avanzar en los estudios de viabilidad, el diseño y la obtención de permisos, sin garantía de que los proyectos se lleven a cabo. Además, la falta de tiempo y apoyo para elaborar las solicitudes de financiación puede limitar la participación y reducir la calidad de las propuestas.

Recomendación: Chile debería adoptar modelos de financiamiento mixtos y de riesgo compartido que reduzcan la exposición a la inversión en etapas iniciales, al tiempo que apoyan la asignación

eficiente de capital y el desarrollo de proyectos listos para la inversión.**Acciones clave:**

- Combinar subvenciones específicas con préstamos en condiciones favorables y financiación pública para apoyar el desarrollo en sus primeras etapas.
- Aprovechar las instituciones de inversión pública, similares al Fondo Nacional de Riqueza del Reino Unido o al Banco Nacional de Inversiones de Escocia, para proporcionar capital a largo plazo.
- Introducir mecanismos de riesgo compartido, como préstamos condicionados a los ingresos y vinculados al progreso del proyecto.
- Considerar modelos de base de activos regulados para proporcionar rentabilidad estable y temprana durante la fase de Desarrollo
- Proporcionar tiempo de preparación suficiente y apoyo en las primeras etapas para que los puertos desarrollen propuestas listas para la inversión

Este enfoque reduce el riesgo de inversión al tiempo que mantiene una dinámica de mercado eficiente. Garantiza que la financiación pública se utilice estratégicamente, apoya proyectos a una escala suficiente y mejora la calidad de las propuestas de inversión portuaria.

2.4 Mejorar la certeza y la previsibilidad en la concesión de permisos portuarios

Los proyectos portuarios suelen estar sujetos a requisitos regulatorios complejos y superpuestos, incluidos los requisitos ambientales, de planificación y de licencias marítimas. El principal desafío suele ser la incertidumbre en los resultados, más que la duración del proceso. Esta falta de previsibilidad crea un riesgo de inversión, ya que los desarrolladores pueden comprometer recursos sustanciales sin la garantía de que los proyectos serán aprobados.

Recomendación: Chile debería mejorar la claridad, coordinación y previsibilidad de los procesos de permisos portuarios.

Acciones clave:

- Simplificar los marcos de permisos para infraestructuras estratégicas
- Establecer plazos de decisión claros y transparentes
- Introducir procesos de aprobación coordinados o de ventanilla única
- Ofrecer orientación sobre cómo equilibrar los objetivos ambientales y económicos

Mejorar la previsibilidad de los resultados de los permisos puede reducir el riesgo de inversión, aumentar la confianza de los desarrolladores y respaldar la entrega oportuna de infraestructuras.

2.5 Resumen de las recomendaciones portuarias

La experiencia del Reino Unido demuestra que el desarrollo exitoso de puertos de OSW requiere una política coordinada en materia de planificación de infraestructura, financiación, concesión de permisos y desarrollo de mercado. Ninguna intervención por sí sola es suficiente; más bien, se necesita una combinación de medidas coordinadas para crear un entorno estable y atractivo para la

inversión.

Los factores clave para el éxito incluyen:

- Selección y desarrollo estratégico de puertos prioritarios
- Cartera de proyectos eólicos marinos clara y confiable
- Apoyo financiero específico y bien estructurado
- Procesos de permisos predecibles y ágiles
- Alineación con la estrategia industrial general y la cadena de suministros

Los países que buscan desarrollar el sector de OSW deben considerar los puertos como infraestructura nacional crítica. Esto requiere una planificación estratégica y proactiva, así como una inversión pública y privada coordinada, en lugar de depender únicamente del desarrollo impulsado por el mercado.

3 PLANIFICACIÓN DEL FONDO MARINO

La planificación del lecho marino es un factor fundamental para el desarrollo de OSW, ya que determina dónde y cómo se pueden implementar los proyectos. Esta sección presenta recomendaciones para respaldar un marco de planificación del lecho marino claro, coordinado y atractivo para la inversión en Chile.

Estas recomendaciones se basan en la experiencia del Reino Unido, donde la planificación del lecho marino para OSW ha evolucionado desde enfoques impulsados por el mercado hacia sistemas más coordinados y basados en la planificación, respaldados por datos sólidos y la participación de las partes interesadas.

3.1 Separar la planificación estratégica marina de la adjudicación y el arrendamiento de fondos marinos

Una lección clave de Escocia es que la planificación espacial marina debe ser institucionalmente distinta de la asignación de derechos sobre el lecho marino. Esto garantiza que las decisiones de planificación se tomen en interés público, basándose en una evaluación equilibrada de los usos marinos en competencia, en lugar de ser impulsadas principalmente por la demanda comercial. También refuerza la credibilidad y la transparencia de la selección de emplazamientos.

Recomendación: Chile debería establecer una separación institucional clara entre la planificación espacial marina y las funciones de arrendamiento de los fondos marinos.

Acciones clave:

- Designar una autoridad pública responsable de la planificación espacial marina y la coordinación de las partes interesadas.
- Mantener una autoridad de arrendamiento independiente responsable de la asignación de derechos sobre el lecho marino dentro de las áreas de desarrollo aprobadas.
- Establecer mecanismos claros de coordinación entre los organismos de planificación y arrendamientos

Este enfoque mejora la transparencia, reduce los conflictos entre las partes interesadas y garantiza que el desarrollo de OSW se guíe por una planificación estratégica basada en la evidencia.

3.2 Adoptar un enfoque basado en planes para la planificación y el arrendamiento marítimos

La experiencia de Escocia y del Reino Unido en general resaltan la importancia de establecer un plan sectorial marino formal antes de lanzar rondas de arrendamiento a gran escala para OSW. Estos sistemas definen las áreas más adecuadas para el desarrollo, equilibrando las consideraciones ambientales, sociales y económicas.

La participación de los desarrolladores en Chile refuerza esta necesidad, destacando que el modelo actual, liderado por los desarrolladores, aumenta el riesgo del proyecto, contribuye a la selección fragmentada de emplazamientos y dificulta la evaluación de su viabilidad. Un marco más coordinado y basado en la planificación proporcionaría mayor claridad sobre dónde se pueden desarrollar los proyectos y cómo pueden avanzar.

La escala y la secuencia de las rondas de arrendamiento también desempeñan un papel fundamental en el desarrollo del mercado. El arrendamiento a gran escala puede acelerar el despliegue, pero puede ejercer presión sobre la infraestructura, las cadenas de suministro y los procesos de autorización. Los enfoques por fases pueden favorecer una ejecución más coordinada al alinear el desarrollo del proyecto con la madurez del sistema.

Recomendación: Chile debería adoptar un enfoque basado en la planificación, respaldado por un plan marino sectorial que defina las zonas de desarrollo y alinee los arrendamientos con la preparación del mercado y la infraestructura

Acciones clave:

- Identificar zonas de desarrollo adecuadas mediante la planificación marina sectorial antes de la concesión de arrendamientos.
- Restringir los arrendamientos a estas áreas predefinidas.
- Determinar la escala y la secuencia de los arrendamientos en función de la infraestructura, la capacidad de la cadena de suministro y la madurez del mercado.
- Alinear los plazos de los arrendamientos con el desarrollo de la infraestructura de apoyo y el desarrollo del sector

Este enfoque reduce el riesgo de obtención de permisos, mejora la coordinación entre los usuarios marinos y centra el desarrollo en las zonas más adecuadas desde el punto de vista técnico y ambiental. Además, proporciona mayor claridad a los desarrolladores, lo que permite un desarrollo de proyectos más eficiente y con menor riesgo.

3.3 Planificación espacial basada en la participación de un amplio abanico de partes interesadas

Una de las principales fortalezas del enfoque escocés para el desarrollo de OSW es la profundidad y amplitud de la participación de las partes interesadas que se lleva a cabo antes de la asignación de los derechos sobre el lecho marino. La participación temprana de una amplia gama de usuarios

marinos ayuda a identificar posibles conflictos y garantiza que las decisiones de planificación se basen en diversas perspectivas.

Las partes interesadas suelen incluir a empresas pesqueras, puertos, operadores navieros, comunidades costeras, grupos ecologistas y otros usuarios marinos. El objetivo no es eliminar todos los intereses contrapuestos, sino lograr un equilibrio adecuado entre ellos, apoyando tanto el desarrollo como la coexistencia a largo plazo.

Recomendación: Chile debería incorporar una participación temprana y estructurada de las partes interesadas en los procesos de planificación espacial marina.

Acciones clave:

- Involucrarse de manera proactiva con los grupos de interés clave, incluidos
 - Pesca artesanal e industrial
 - Comunidades costeras e indígenas (cuando corresponda)
 - Operadores marítimos y portuarios
 - Organismos medioambientales
 - Gobiernos regionales

Este enfoque facilita la identificación de áreas de desarrollo que no solo son técnicamente viables, sino también social y políticamente sólidas. Reduce el riesgo de conflicto en etapas posteriores, mejora la aceptación del proyecto y permite un despliegue de OSW más eficiente y duradero.

3.4 Diseñar marcos de arrendamiento para garantizar el progreso del proyecto

El diseño de los contratos de arrendamiento desempeña un papel fundamental para facilitar el acceso al mercado y garantizar la ejecución de los proyectos. La experiencia en el Reino Unido demuestra que unos criterios de calificación débiles pueden dar lugar a ofertas especulativas, mientras que unos periodos de opción y estructuras de comisiones mal diseñados pueden retrasar los proyectos o incentivar la retención de terrenos. Un marco de arrendamiento bien diseñado debe garantizar que los desarrolladores tengan la capacidad de ejecutar los proyectos, a la vez que proporciona plazos claros e incentivos financieros para apoyar su desarrollo. La flexibilidad en los parámetros de arrendamiento reduce el riesgo para los desarrolladores.

Recomendación: Chile debería diseñar marcos de arrendamiento que prioricen la capacidad de entrega e incentiven el avance oportuno y eficiente de los proyectos.

Acciones clave:

- Exigir evidencia de capacidad técnica y experiencia en OSW o infraestructura comparable.
- Evaluar las estrategias de ejecución del proyecto y la capacidad de ejecución a gran escala.
- Exigir evidencia de financiamiento asegurado o accesible acorde con la escala del proyecto.

- Definir períodos de opción que proporcionen tiempo suficiente para obtener consentimiento y financiamiento, evitando demoras innecesarias.
- Estructurar las tarifas de opción y los calendarios de pago para incentivar el progreso y desmotivar la apropiación indebida de terrenos.
- Establecer cronogramas de desarrollo con hitos vinculados al progreso del proyecto, con extensiones limitadas cuando esté justificado

Este enfoque reduce el riesgo de fracaso de proyectos especulativos o con financiación insuficiente, fortalece la credibilidad de la cartera de proyectos en desarrollo y apoya una ejecución de proyectos más eficiente.

3.5 Integrar la planificación del lecho marino con la entrega del sistema y el valor económico

Otra lección clave del Reino Unido es que la planificación del lecho marino debe estar estrechamente alineada tanto con la infraestructura del sistema como con los objetivos económicos más amplios. Sin esta coordinación, el desarrollo de OSW puede verse limitado por cuellos de botella en la red eléctrica, capacidad portuaria insuficiente o plazos de infraestructura desalineados.

Al mismo tiempo, si bien la energía eólica marina puede impulsar el desarrollo de la cadena de suministro, la creación de empleo y el crecimiento regional, estos resultados no son automáticos y requieren mecanismos de implementación estructurados. La experiencia del Reino Unido demuestra el valor de vincular el arrendamiento del lecho marino a los compromisos de los desarrolladores, exigiéndoles que detallen cómo apoyarán a la industria local y contribuirán a resultados económicos más amplios. Estos compromisos suelen incluir niveles previstos de gasto local, colaboración con proveedores, desarrollo de la fuerza laboral e inversión regional.

La coordinación entre las autoridades nacionales y regionales es fundamental para aprovechar los beneficios de la energía eólica marina y será clave en el contexto chileno, particularmente en la región del Biobío.

Recomendación: Chile debería integrar la planificación de los fondos marinos con los objetivos de infraestructura del sistema y desarrollo económico.

Acciones clave:

Integración del sistema

- Alinear la planificación del lecho marino con la planificación nacional de transmisión, asegurando que la capacidad de la red y los plazos de expansión se consideren en la selección de emplazamientos.
- Coordinar el arrendamiento con las estrategias de desarrollo portuario, incluyendo los requisitos de construcción, operación y mantenimiento.
- Alinear los plazos de los proyectos con la entrega de la infraestructura necesaria para evitar cuellos de botella y retrasos.
- Establecer mecanismos de coordinación entre las instituciones pertinentes para facilitar la planificación y la toma de decisiones integradas

Valor económico y regional

- Exigir a los desarrolladores que presenten planes de desarrollo de la cadena de suministro y de la fuerza laboral como parte del proceso de arrendamiento.
- Incluir expectativas sobre el gasto local y regional, la colaboración con los proveedores y la actividad industrial.
- Alinear las decisiones de arrendamiento con las estrategias de desarrollo regional y las prioridades industriales más amplias.
- Establecer marcos de seguimiento e informes para controlar el cumplimiento de los compromisos a lo largo del tiempo

Este enfoque incorpora directamente los requisitos de la cadena de suministro y el valor regional en la asignación de derechos sobre el lecho marino, asegurando que el desarrollo de los recursos hídricos marinos contribuya a la industria nacional, al crecimiento regional y al valor económico a largo plazo.

3.6 Resumen de las recomendaciones para la planificación del lecho marino

Las recomendaciones aquí descritas establecen un marco coordinado para apoyar el desarrollo del sector de OSW escalable, atractivo para la inversión y con apoyo social en Chile.

Los factores clave para el éxito incluyen:

- Adoptar un enfoque basado en la planificación, asegurando que la planificación marina preceda al arrendamiento.
- Mantener una clara separación entre la planificación y la asignación del lecho marino para fomentar la transparencia y la toma de decisiones estratégicas.
- Integrar una sólida participación de las partes interesadas para identificar áreas de desarrollo adecuadas y reducir los conflictos.
- Priorizar la capacidad y la viabilidad de los desarrolladores, en lugar de depender únicamente de la competencia basada en precios.
- Vincular el arrendamiento con el desarrollo de la cadena de suministro y la creación de valor regional.
- Coordinar la planificación del lecho marino con las estrategias de red eléctrica, puertos, infraestructura e industria en general

En conjunto, estos principios apuntan hacia un modelo estructurado, planificado e integrado sistémicamente para el desarrollo de OSW en Chile. Este enfoque reduce el riesgo, mejora la coordinación y favorece una implementación más eficiente y socialmente beneficiosa en comparación con un modelo de arrendamiento puramente impulsado por el mercado o especulaciones.

4 POLÍTICA ENERGÉTICA

La política energética desempeña un papel fundamental en la implementación de OSW, al configurar las condiciones de inversión, coordinar la ejecución en todos los sectores y garantizar la eficiencia del sistema a largo plazo. Esta sección presenta recomendaciones para respaldar un

marco normativo coordinado y atractivo para la inversión en sistemas OSW en Chile. Estas recomendaciones se basan en la experiencia del Reino Unido, donde la política ha evolucionado hacia un enfoque más integrado y sistémico.

4.1 Desarrollar un plan de acción OSW para todo el sistema antes de lanzar licitaciones

Una lección clave del Reino Unido es que la política de OSW es más efectiva cuando se integra dentro de una estrategia coordinada que abarque todo el sistema. El Plan de Acción Clean Power 2030 ha alineado la generación, la red, los puertos, las habilidades y las cadenas de suministro en un marco único, ayudando a abordar desafíos anteriores, como objetivos poco realistas y brechas en la coordinación entre sectores.¹

Recomendación: Chile debería desarrollar un plan de acción nacional sobre OSW antes de lanzar licitaciones importantes o mecanismos de apoyo.

Acciones clave:

- Definir un plan coordinado que abarque el despliegue de OSW, la transmisión, los puertos, las competencias, las cadenas de suministro y la financiación.
- Alinear los objetivos de OSW con estrategias más amplias de desarrollo energético, industrial y regional.
- Establecer funciones, plazos y responsabilidades de ejecución claros en todas las instituciones gubernamentales.
- Proporcionar visibilidad a largo plazo sobre los objetivos de despliegue y la infraestructura necesaria

Esto fortalecería la coordinación, mejoraría la confianza de los inversores y reduciría el riesgo de que el despliegue supere la capacidad de preparación de la infraestructura. También proporcionaría una dirección estratégica clara tanto para las partes interesadas públicas como privadas.

4.2 Establecer una sólida coordinación central y una alineación intersectorial temprana

El desarrollo de los sistemas OSW abarca múltiples áreas políticas, incluyendo energía, medio ambiente, defensa, pesca, finanzas y desarrollo regional. Sin una coordinación sólida, las prioridades contrapuestas pueden generar retrasos y desajustes en las políticas.

Los desarrolladores identificaron la incertidumbre ambiental, derivada de la escasez de datos de referencia y la falta de claridad en las directrices, como una barrera importante para el desarrollo del proyecto en Chile. Además, la insuficiente coordinación inicial con las partes interesadas ambientales y los usuarios marinos puede generar conflictos posteriormente en el proceso de desarrollo, lo que contribuye a los retrasos e incertidumbre del proyecto.

La experiencia del Reino Unido demuestra que una función de coordinación central, combinada con

¹ UK Government (2024) Clean Power 2030 Action Plan: A new era of clean electricity. Available at: [Clean Power 2030: Action Plan: A new era of clean electricity](#)
ORE Catapult

una participación temprana de todos los sectores, es fundamental para alinear a las partes interesadas y permitir una ejecución eficiente del proyecto. El papel de líder independiente de la energía eólica marina en el Reino Unido ayudó a lograr esto.

Recomendación: Chile debería establecer una sólida función de coordinación central, respaldada por una participación intersectorial temprana, para alinear las políticas, las partes interesadas y la ejecución.

Acciones clave:

- Designar un ministerio principal o un organismo coordinador central responsable de la implementación de la energía eólica marina.
- Nombrar un responsable de la energía eólica marina para que proporcione supervisión independiente y orientación estratégica.
- Establecer mecanismos formales de coordinación entre ministerios, organismos reguladores y partes interesadas clave.
- Involucrar a organismos ambientales, pesqueros y otros usuarios marinos para identificar posibles conflictos.
- Desarrollar enfoques coordinados para la mitigación, la compensación y la coexistencia.
- Proporcionar orientación clara sobre cómo se gestionarán las compensaciones entre los usos marinos en competencia

Esto mejoraría la coherencia de las políticas y proporcionaría un punto de referencia claro para la participación de la industria, lo que ayudaría a reducir el riesgo de los permisos. También contribuiría a garantizar que el desarrollo de OSW se gestione como una prioridad estratégica nacional.

4.3 Establecer un mecanismo de apoyo a los ingresos estable y atractivo para la inversión

Los mecanismos de apoyo a los ingresos y el diseño de las subastas desempeñan un papel fundamental a la hora de atraer inversiones y garantizar la ejecución de los proyectos. La certeza de los ingresos a largo plazo ha sido crucial para el despliegue de sistemas de OSW en el Reino Unido. Mecanismos como los Contratos por Diferencia (CfD) han reducido los costes de financiación, mejorado la viabilidad financiera de los proyectos y apoyado la inversión a gran escala.

Sin un marco de ingresos estable, los proyectos se enfrentan a mayores costes de financiación y a un mayor riesgo. Sin embargo, el diseño de las subastas es igualmente crucial para determinar los resultados de los proyectos. Si bien una mayor competencia puede reducir los costes, permitir la participación en subastas de proyectos inmaduros o especulativos puede generar riesgos de ejecución y provocar retrasos si los proyectos no avanzan. La experiencia del Reino Unido subraya la importancia de equilibrar la competencia con la viabilidad de la ejecución, especialmente en las primeras etapas del desarrollo del mercado.

Recomendación: Chile debería establecer un marco de mercado que proporcione certeza de ingresos a largo plazo, priorizando al mismo tiempo la capacidad de ejecución de los proyectos.

Acciones clave:

- Introducir un mecanismo de apoyo a los ingresos a largo plazo, como un esquema tipo CfD.
- Establecer duraciones contractuales alineadas con la vida útil de los activos de OSW.
- Garantizar que el diseño de la subasta permita una asignación eficiente y evite la subutilización de la capacidad.
- Proporcionar visibilidad sobre futuras rondas de subasta para apoyar el desarrollo de la cartera de proyectos.
- Establecer criterios de elegibilidad vinculados a la madurez y preparación del proyecto
- Centrarse en obtener capacidad viable y entregable en lugar de maximizar la competencia a corto plazo.

Esto podría ayudar a reducir el costo del capital, aumentar la confianza de los inversores y respaldar el desarrollo de un mercado de residuos sólidos urbanos escalable.

4.4 Apoyar el desarrollo de la cadena de suministro mediante medidas políticas específicas

Las políticas desempeñan un papel fundamental en la configuración de dónde y cómo se materializa el valor económico de OSW. En el Reino Unido, se han implementado mecanismos como el Bono para la Industria Limpia para incentivar a los desarrolladores a invertir en cadenas de suministro nacionales, vinculando el apoyo financiero a resultados industriales más amplios. Sin estas medidas, existe el riesgo de que los beneficios económicos se obtengan externamente, limitando la creación de valor local.

La participación de los desarrolladores resaltó la importancia de un modelo de desarrollo industrial y regional sólido para OSW en Chile. Sin señales claras sobre cómo estos proyectos apoyarán la industria nacional, la infraestructura regional y el crecimiento del mercado a largo plazo, los desarrolladores se enfrentan a una mayor incertidumbre sobre la viabilidad de la inversión y la preparación de la cadena de suministro.

Los desarrolladores también enfatizaron que la capacidad de la mano de obra podría convertirse en un importante obstáculo a medida que los proyectos avanzan hacia la construcción. Por lo tanto, la inversión temprana en habilidades, capacitación y certificación será esencial para garantizar que las limitaciones laborales no retrasen la ejecución de los proyectos.

Recomendación: Chile debería utilizar medidas políticas específicas para apoyar el desarrollo de la cadena de suministro junto con el despliegue de OSW.

Acciones clave:

- Introducir mecanismos de incentivo que recompensen la inversión en cadenas de suministro locales y capacidad industrial.
- Alinear el apoyo financiero con los objetivos más amplios de la política económica e industrial.
- Proporcionar una señal política coherente sobre el papel de la industria nacional en el desarrollo de la producción de agua potable.
- Alinear las ambiciones de la cadena de suministro con el crecimiento y la capacidad del

mercado.

- Apoyar el desarrollo de habilidades y el fortalecimiento de la capacidad industrial

Este enfoque permite a Chile capturar un mayor valor económico de OSW al tiempo que mantiene un marco de mercado competitivo y atractivo para la inversión.

4.5 Coordinar la política de energía eólica marina con la planificación de la red eléctrica desde el principio

Tanto en el Reino Unido como en Chile, los recursos eólicos fuertes suelen estar ubicados lejos de los centros de consumo, lo que hace que la coordinación entre el despliegue de parques eólicos marinos y la planificación de la transmisión sea fundamental. Sin una alineación temprana, las limitaciones de la red pueden retrasar los proyectos, aumentar la limitación de la producción y reducir la eficiencia del sistema.

Recomendación: Chile debería armonizar la política de OSW, la planificación del lecho marino y el desarrollo de la transmisión como parte de un sistema integrado.

Acciones clave:

- Alinear los plazos de arrendamiento y licitación con la planificación y ejecución de la transmisión.
- Incorporar las limitaciones de la red en la selección de emplazamientos y la priorización del desarrollo.
- Evaluar los requisitos de transmisión terrestres y marinos dentro de un marco de planificación único

Esto ayudaría a reducir las ineficiencias del sistema, minimizar las restricciones y garantizar que la generación de OSW pueda integrarse eficazmente a gran escala.

4.6 Situar la participación comunitaria en el centro del desarrollo

La aceptación pública es fundamental para el despliegue de energía eólica marina, especialmente en infraestructuras terrestres como las redes de transmisión. La experiencia del Reino Unido demuestra que, incluso donde la energía eólica marina cuenta con amplio apoyo, puede surgir oposición local si las comunidades no participan de manera efectiva. Por lo tanto, una participación temprana y transparente es esencial para generar confianza y asegurar el apoyo a largo plazo.

La energía eólica marina puede brindar importantes beneficios económicos y sociales, pero estos no siempre son visibles para las comunidades locales, lo que puede debilitar el apoyo público. Por consiguiente, una comunicación clara es esencial. En Chile, esto es particularmente importante dada la oportunidad de apoyar el desarrollo regional en áreas como el Biobío.

Recomendación: Chile debería fortalecer la participación pública y comunicar claramente el valor económico y social de la explotación de OSW.

Acciones clave:

- Involucrar a las comunidades desde las primeras etapas de la planificación de infraestructura

tanto marinas como terrestre.

- Comunicar claramente, a nivel nacional y regional, los beneficios, impactos y desventajas del desarrollo de la infraestructura marina.
- Definir objetivos claros para el empleo, las habilidades y el desarrollo regional vinculados al desarrollo de la infraestructura marina.
- Alinear la infraestructura marina con estrategias más amplias de desarrollo industrial y regional, incluyendo sectores emergentes como el hidrógeno verde.
- Desarrollar mecanismos para compartir los beneficios con las comunidades afectadas

Esto mejoraría la aceptación pública, respaldaría la continuidad de las políticas y fortalecería los argumentos a favor de OSW en el marco de la transición energética de Chile.

4.7 Mantener el enfoque en la reducción de costos y la eficiencia del sistema

A medida que se expande el despliegue de OSW, la gestión de los costes de todo el sistema cobra cada vez más importancia, especialmente en relación con las facturas de energía de los consumidores. La política del Reino Unido se ha centrado cada vez más en reducir los costes generales del sistema, manteniendo al mismo tiempo el ritmo de su despliegue. Un enfoque integral del sistema es esencial para garantizar que OSW siga siendo rentable a largo plazo.

Recomendación: Chile debería incorporar la reducción de costos y la eficiencia del sistema en la política de residuos sólidos urbanos desde el principio.

Acciones clave:

- Evaluar las decisiones políticas en función del costo total del sistema, en lugar de los costos de cada proyecto individual.
- Coordinar la planificación de la generación, la transmisión y la infraestructura para mejorar la eficiencia.
- Establecer expectativas claras sobre la competitividad de costos a lo largo del tiempo.
- Fomentar la inversión y la eficiencia en toda la cadena de valor

Esto respaldaría un sector de residuos sólidos urbanos más asequible, mantendría el apoyo público y garantizaría la sostenibilidad a largo plazo de la transición energética.

4.8 Resumen de las recomendaciones sobre política energéticas

Estas recomendaciones resaltan la importancia de un marco político coordinado e integral para respaldar el despliegue de OSW.

Los factores clave para el éxito incluyen:

- Planificación sólida, estratégica y coordinación centralizada
- Diseño de mercado estable y atractivo para la inversión
- Alineación temprana con la infraestructura de la red eléctrica y la cadena de suministro

- Integración de los intereses ambientales, comunitarios y de las partes interesadas
- Generación de valor económico y social junto con la generación de energía

5 PLANIFICACIÓN DE LA RED DE TRANSMISIÓN

La planificación de la transmisión será fundamental para permitir el despliegue a gran escala de energía solar marina en Chile. Los retrasos en la expansión de la transmisión terrestre, combinados con una coordinación insuficiente en la planificación de la red, pueden generar importantes ineficiencias en el sistema. Estas incluyen una mayor limitación de la energía solar marina y una mayor dependencia de la generación térmica, lo que puede aumentar sustancialmente los costos operativos del sistema. Esta sección presenta recomendaciones para respaldar un enfoque más coordinado, estratégico y eficiente de la planificación de la transmisión, basándose en la experiencia del Reino Unido.

5.1 Fortalecer la planificación centralizada de la transmisión mediante una mejor ejecución y asignación de riesgos

Una lección clave del Reino Unido es la transición de un enfoque descentralizado, proyecto por proyecto, a un modelo de planificación de la transmisión más coordinado y proactivo. Históricamente, los proyectos OSW se conectaban individualmente mediante enlaces radiales, lo que generaba duplicación de infraestructura, un mayor impacto ambiental y mayores costos para el sistema. En respuesta, el Reino Unido ha adoptado un enfoque centralizado y estratégico, donde la infraestructura de transmisión se planifica a nivel de sistema, basándose en los objetivos de despliegue de OSW a largo plazo, el crecimiento de la demanda y las necesidades de la red.

Este enfoque ha permitido el desarrollo de corredores de transmisión en alta mar compartidos, la optimización de los puntos de aterrizaje en tierra y el refuerzo proactivo de nodos clave de la red antes de la entrega del proyecto. Programas como la Revisión de la Red de Transmisión en Alta Mar, el Diseño Integral de la Red y el emergente Plan Estratégico Centralizado de la Red demuestran cómo la planificación coordinada puede reducir costos, minimizar impactos y mejorar la eficiencia del sistema.^{2 3 4}

En Chile, la transmisión se ha planificado centralmente desde hace mucho tiempo, lo que significa que cualquier refuerzo o nuevo desarrollo debe ser aprobado por la Comisión Nacional de Energía (CNE), que define los proyectos a través del Plan de Expansión de la Transmisión. Estos desarrollos suelen ser recomendados por el operador del sistema, el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN).

A pesar de esta planificación centralizada, los riesgos del desarrollo de proyectos recaen en gran medida sobre los desarrolladores. Estos son responsables de asegurar los derechos de acceso a los terrenos, obtener los permisos de planificación necesarios y garantizar la conexión a la red. Además, si bien el sistema de transmisión se planifica centralmente, sigue siendo relativamente sectorial y aún no adopta un enfoque multisectorial más amplio, por ejemplo, mediante la integración de

² UK Government (2020) Offshore transmission network review. Available at: [Offshore transmission network review - GOV.UK](#)

³ NESO (2022) Holistic Network Design. Available at: [download](#)

⁴ NESO (2026) Centralised Strategic Network Plan (CSNP). Available at: [Centralised Strategic Network Plan \(CSNP\) | National Energy System Operator](#)

consideraciones de planificación espacial marina. Esta distribución del riesgo es un factor clave detrás de las demoras en la entrega de nueva infraestructura de transmisión y resalta el valor potencial de enfoques alternativos para la expansión de la red que reduzcan la dependencia de la entrega de infraestructura crítica liderada por los desarrolladores.

Recomendación: Chile debería aprovechar su marco de planificación de transmisión centralizado existente, fortaleciendo la coordinación entre la planificación y la ejecución, integrando consideraciones espaciales, por ejemplo, y reduciendo la responsabilidad de los desarrolladores en materia de permisos, acceso a terrenos y conexiones a la red.

Acciones clave:

- Fortalecer la coordinación entre la planificación y la entrega de la transmisión para reducir las demoras entre el diseño del sistema y la ejecución del proyecto.
- Alinear la planificación de la transmisión con los escenarios de despliegue de OSW, el crecimiento de la demanda y las necesidades generales del sistema.
- Desarrollar corredores de transmisión estratégicos y optimizar los puntos de conexión a la red.
- Planificar la infraestructura de transmisión con anticipación al despliegue de redes OSW, basándose en objetivos a largo plazo.
- Fomentar la infraestructura de transmisión compartida para reducir la duplicación y el impacto ambiental.
- Establecer un marco de planificación central para coordinar el desarrollo de la red a largo plazo

Este enfoque reduciría los costos generales del sistema, minimizaría los impactos ambientales y sociales, y permitiría una integración a gran escala más eficiente de los residuos sólidos urbanos.

5.2 Priorizar los corredores de transmisión en riesgo de retraso para soluciones en alta mar

La justificación económica para la transmisión de corriente continua de alta tensión en alta mar (HVDC) es más sólida donde los retrasos en la transmisión terrestre generan costos sustanciales para el sistema. En Chile, los corredores que conectan las regiones generadoras del sur con las zonas centrales de demanda son particularmente importantes para integrar OSW de regiones como Biobío. La identificación temprana de los corredores con mayor riesgo de retraso ayudaría a enfocar la planificación y el trabajo de viabilidad.

Recomendación: Chile debería priorizar los corredores de transmisión con mayor riesgo de retraso para la evaluación de soluciones de transmisión marina.

Acciones clave:

- Identificar los corredores terrestres donde es más probable que se produzcan retrasos.
- Priorizar los corredores críticos para la integración de OSW en la evaluación de sistemas de transmisión de corriente continua de alta tensión (HVDC) en alta mar.
- Considerar las restricciones de permisos, ambientales y sociales al evaluar los corredores

Esto ayudaría a orientar las opciones de transmisión marina hacia donde sea más probable que estén justificadas técnica y económicamente.

5.3 Realizar estudios de viabilidad para el despliegue de sistemas HVDC en alta mar

Si bien la HVDC marina puede estar económicamente justificada en determinadas condiciones, es necesario seguir trabajando para evaluar la viabilidad de cada proyecto específico. Esto incluye diseño técnico, rutas, impactos ambientales, plazos de entrega y las implicaciones para la planificación más amplia del sistema.

Recomendación: Chile debería realizar estudios de viabilidad detallados sobre el despliegue de HVDC costa afuera en corredores de alta prioridad

Acciones clave:

- Evaluar las opciones de ruta, los puntos de llegada a tierra, los requisitos de las estaciones convertidoras y los puntos de conexión a la red.
- Evaluar los riesgos ambientales, de permisos y de entrega para la infraestructura HVDC marina.
- Comparar los costos y beneficios de la infraestructura HVDC marina con el refuerzo terrestre diferido en casos específicos

Esto proporcionaría la base de evidencia necesaria para respaldar futuras decisiones de inversión y reducir el riesgo del desarrollo de soluciones de transmisión marina.

5.4 Resumen de las recomendaciones para la planificación de la transmisión

La experiencia del Reino Unido demuestra que una planificación eficaz de la transmisión es fundamental para el despliegue a gran escala de OSW. Pasar de un enfoque proyecto por proyecto a un modelo más coordinado y estratégico puede reducir los costes del sistema, disminuir las restricciones de suministro de OSW y minimizar los impactos ambientales y sociales.

Los factores clave de éxito incluyen:

- Transición a un marco de planificación de la transmisión centralizado y estratégico
- Identificación temprana de corredores de transmisión de alto riesgo y evaluación de soluciones alternativas
- Evaluación del papel de la transmisión de corriente continua de alta tensión (HVDC) en alta mar para aliviar las limitaciones en tierra
- Creación de una sólida base de evidencia mediante estudios de viabilidad específicos

En conjunto, estas medidas respaldan un enfoque más proactivo e integrado para el desarrollo de la transmisión, asegurando que la infraestructura de la red se implemente a la escala y en el momento adecuados para permitir el despliegue de OSW. Esto será fundamental para reducir las ineficiencias del sistema, mantener una operación rentable y apoyar la transición energética a largo plazo de Chile.

6 PERSPECTIVAS DE LOS ACTORES CHILENOS

La interacción con las partes interesadas chilenas resalta la importancia del liderazgo regional, la licencia social, la coordinación institucional y el desarrollo del conocimiento para facilitar el despliegue de OSW. Si bien muchos factores facilitadores se abordan en secciones anteriores, estas perspectivas reflejan puntos de vista sobre el terreno e identifican prioridades prácticas para generar impulso y aceptación.

6.1 Establecer Biobío como región líder para el desarrollo de OSW

La participación de las partes interesadas identificó sistemáticamente a la región del Biobío como la ubicación más prometedora para el desarrollo inicial de OSW. La región se beneficia de una sólida capacidad industrial existente, particularmente en la construcción naval, así como de una infraestructura portuaria consolidada y una fuerte colaboración institucional. Las partes interesadas regionales ya han demostrado un interés significativo, y existe una cooperación activa entre las instituciones locales, los organismos gubernamentales y los actores de la industria

Recomendación: Chile debería posicionar a Biobío como un centro regional inicial para el desarrollo de OSW.

Acciones clave:

- Alinear el desarrollo de OSW con las estrategias industriales regionales.
- Coordinar la infraestructura portuaria y la planificación de la cadena de suministro a nivel regional.
- Fortalecer la colaboración con universidades e instituciones de investigación.
- Apoyar el desarrollo de proyectos en fase inicial en la región

Esto aceleraría el despliegue inicial, demostraría el éxito a nivel regional y generaría impulso para la expansión nacional.

6.2 Establecer un marco estructurado de participación en materia de pesca y zonas costeras

El sector pesquero se identificó sistemáticamente como el grupo de interés más sensible y complejo en Chile. Las comunidades pesqueras artesanales están altamente organizadas y tienen gran influencia política, y las preocupaciones relacionadas con el acceso y los medios de subsistencia podrían representar una barrera significativa para el desarrollo de OSW.

Asimismo, muchas de estas preocupaciones se deben al escaso conocimiento sobre OSW y su funcionamiento en la práctica. Sin una participación temprana y constante, existe el riesgo de desconfianza, conflictos y retrasos durante el desarrollo del proyecto.

Recomendación: Chile debería establecer un marco de participación estructurado, temprano y proactivo para las comunidades pesqueras y costeras, respaldado por iniciativas prácticas de demostración e intercambio de conocimientos.

Acciones clave:

- Iniciar la colaboración con las comunidades pesqueras desde el principio, antes de la selección del emplazamiento y el diseño del proyecto.
- Mapear la actividad pesquera, los medios de subsistencia y las áreas de interacción con la energía eólica marina.
- Establecer canales de comunicación claros y consistentes entre los desarrolladores y el sector pesquero.
- Desarrollar directrices nacionales sobre la colaboración con el sector pesquero y los enfoques de coexistencia.
- Facilitar programas internacionales de intercambio de conocimientos para compartir las mejores prácticas.
- Desarrollar un proyecto de demostración o una zona piloto centrada en la coexistencia entre la energía eólica marina y el sector pesquero

Esto mejoraría la confianza, reduciría los conflictos y apoyaría el desarrollo de una licencia social duradera para OSW. También ayudaría a las partes interesadas a comprender mejor cómo OSW puede operar junto con las actividades marinas existentes.

6.3 Fortalecer el desarrollo del conocimiento y posicionar a Chile como un seguidor estratégico rápido

La participación de las partes interesadas resaltó la fragmentación del conocimiento sobre energía eólica marina en Chile y la importancia de adoptar un posicionamiento de mercado realista. Si bien Chile cuenta con una sólida capacidad académica, actualmente no existe una plataforma institucional específica que alinee la investigación, la industria y el gobierno, lo que limita la aplicación efectiva del conocimiento al desarrollo de proyectos. El Offshore Renewable Energy Catapult desempeña ese papel en el Reino Unido, actuando como centro de investigación, demostración tecnológica e innovación para energías renovables marinas.

Al mismo tiempo, las partes interesadas reconocen que es probable que Chile desarrolle la energía eólica marina como un seguidor rápido, en lugar de un líder mundial temprano. Dado que se espera que la mayor parte del recurso eólico marino de Chile sea flotante, y que la energía eólica marina flotante (FOW) sigue siendo relativamente costosa, la trayectoria de desarrollo de Chile dependerá del aprovechamiento de la experiencia internacional, la reducción de costos y las tecnologías probadas. En particular, existe una gran oportunidad para aprender de mercados más maduros como el del Reino Unido, que está a la vanguardia en el despliegue de FOW, incluyendo lecciones sobre desarrollo tecnológico, obtención de permisos y crecimiento de la cadena de suministro.

Recomendación: Chile debería establecer un ecosistema coordinado de investigación e innovación en OSW y adoptar un enfoque estratégico de seguidor rápido para apoyar un desarrollo de mercado eficiente.

Acciones clave:

- Establecer un centro nacional de investigación o coordinación de energía para aguas oceánicas marinas que vincule a universidades, industria y gobierno, similar al

Offshore Renewable Energy Catapult del Reino Unido.

- Centrar la investigación en las prioridades específicas de Chile, incluyendo las condiciones ambientales, los factores sísmicos y la coexistencia con la pesca.
- Desarrollar programas de investigación e innovación específicos centrados en las tecnologías de aguas oceánicas marinas y los desafíos de su implementación.
- Apoyar la investigación aplicada directamente vinculada al desarrollo y la obtención de permisos para proyectos.
- Aprender de las mejores prácticas internacionales y adoptar tecnologías y marcos regulatorios probados.
- Monitorear las tendencias de costos globales y la evolución del mercado para determinar el momento y la escala de la implementación

Este enfoque reduce el riesgo de desarrollo, mejora la coordinación entre las partes interesadas y permite a Chile ingresar al mercado de OSW en un momento óptimo mientras desarrolla capacidades internas.

6.4 Resumen de las recomendaciones de las partes interesadas chilenas

La participación de las partes interesadas resalta varias prioridades críticas para impulsar la energía eólica marina en Chile, en particular en relación con el liderazgo regional, la licencia social y el desarrollo del conocimiento.

Los factores clave para el éxito incluyen:

- Establecer centros regionales, como Biobío, para impulsar la implementación temprana.
- Generar confianza con las comunidades pesqueras y costeras mediante una participación temprana y estructurada.
- Utilizar proyectos de demostración e intercambio internacional de conocimientos para fomentar la aceptación social.
- Fortalecer la coordinación de la investigación y centrarse en las prioridades específicas de Chile.
- Posicionar a Chile como un país que adopta rápidamente las prácticas innovadoras para beneficiarse de la reducción de costos a nivel mundial y minimizar el riesgo de implementación.
- Traducir la estrategia en acciones de implementación claras y a corto plazos

En conjunto, estas medidas respaldan un enfoque más inclusivo, coordinado y con base regional para el desarrollo de OSW. Complementan las recomendaciones sobre políticas, planificación de los fondos marinos e infraestructuras, al reflejar cómo las partes interesadas experimentan las condiciones actuales en la práctica.

7 MANO DE OBRA Y HABILIDADES

La rápida expansión de la industria eólica marina requerirá un esfuerzo conjunto para garantizar que la demanda de mano de obra se satisfaga de manera oportuna y sostenible, aportando valor a la comunidad. Por ello, un enfoque de planificación integral es esencial. Mercados maduros como el del Reino Unido están experimentando una grave escasez de personal calificado que requiere una intervención específica. Los puestos técnicos de alta demanda corren el riesgo de sufrir escasez, especialmente en ingeniería. Sin embargo, la energía eólica marina moderna requiere conocimientos que van mucho más allá de la ingeniería, incluyendo análisis digitales, logística, operaciones marítimas, gestión ambiental y seguridad. Los proveedores de formación también deben adaptar sus planes de estudio a la naturaleza cada vez más digital y basada en datos de la energía eólica marina. Alinear a los proveedores de formación, la industria y los organismos regionales en torno a las ocupaciones prioritarias es clave para abordar las deficiencias.

Una política estable y una cartera de proyectos estable también son esenciales. Satisfacer las futuras necesidades de mano de obra depende de un entorno político estable, certeza en los costes y la inversión, y una cartera garantizada de proyectos eólicos marinos. La planificación integral ayudará a garantizar que la formación y la contratación se ajusten a los plazos de los proyectos, reduciendo los ciclos de auge y caída del mercado laboral.

7.1 Desarrollar un plan integral y a largo plazo para la fuerza laboral del sector eólico marino

Un enfoque integral para la planificación de la fuerza laboral y las competencias es esencial para alinear el crecimiento de la fuerza laboral con los objetivos de despliegue, abordar la escasez de competencias emergente, apoyar el desarrollo económico regional y facilitar una transición justa desde otros sectores. Asimismo, garantiza que los sistemas de formación y educación evolucionen en consonancia con las necesidades del sector. Sin una planificación coordinada, las limitaciones de la fuerza laboral podrían convertirse en un obstáculo crítico para el despliegue de la energía eólica marina y el logro de los objetivos climáticos.

La coordinación y la planificación basada en datos son esenciales, considerando las necesidades a largo plazo, la concentración regional y la demanda específica de cada puesto. La alineación con los objetivos energéticos y la cartera de proyectos es fundamental para garantizar la credibilidad de las políticas y orientar la inversión en educación y formación.

Recomendación: Chile debería adoptar una estrategia integrada para el desarrollo de la fuerza laboral, alineando la modelización de la misma con los objetivos energéticos nacionales y la cartera de proyectos.

Acciones clave:

- Elaborar un informe que identifique las deficiencias de competencias en OSW.
- Establecer una hoja de ruta de competencias por fases, alineada con las etapas del ciclo de vida del proyecto: desarrollo (6 años), construcción (2 años) y operación y mantenimiento

(30 años), tal como se refleja en las estructuras de proyectos del Reino Unido.

Esto garantiza que la capacidad de formación se adapte al ritmo que requiere el creciente volumen de proyectos.

7.2 Establecer un sistema para monitorear y coordinar el desarrollo de la fuerza laboral

Para satisfacer con éxito la demanda de mano de obra en el sector de la energía eólica marina, se requiere una coordinación eficaz de datos y un seguimiento constante. Una mayor disponibilidad de datos facilita la previsión y reduce el riesgo de desajuste entre la formación recibida y las necesidades del sector. Un observatorio centralizado de datos sobre la fuerza laboral permitiría realizar un seguimiento de la oferta y la demanda de mano de obra, así como de las nuevas carencias de calificaciones.

El Reino Unido ha tomado la iniciativa de coordinar el sector. Varias organizaciones trabajan para promover el desarrollo de la fuerza laboral en el sector eólico marino, como el Consejo de la Industria Eólica Marina (OWIC). Sin embargo, un enfoque exitoso ha sido la creación de una unidad formal y centralizada cuyo rol es comprender y monitorear la oferta y la demanda de mano de obra, el rendimiento de la capacitación, la escasez de habilidades y el impacto del sector en el empleo: el Centro de Prospectiva de la Fuerza Laboral. En consonancia con la política nacional, coordina a la industria, la academia y el gobierno para lograr una comprensión integral de las necesidades de la fuerza laboral. Esto permite formular políticas basadas en evidencia e identificar tempranamente los cuellos de botella

Recomendación: Chile debería establecer un organismo de seguimiento de las competencias en energía eólica marina.

Acciones clave:

- Evaluar el modelo del Centro de Prospectiva de la Fuerza Laboral del Reino Unido, que adopta un enfoque sistémico para identificar las capacidades organizativas y las habilidades de la fuerza laboral necesarias para que la industria pueda adoptar y aprovechar las tecnologías innovadoras.

7.3 Capacitación a la fuerza laboral del futuro

Prepararse con anticipación para satisfacer las necesidades de mano de obra del futuro despliegue de energía eólica marina es esencial para evitar cuellos de botella y generar confianza en los inversionistas. La posición de Chile en las primeras etapas del desarrollo de la energía eólica marina ofrece una oportunidad ideal para anticipar las necesidades de la industria y comenzar a desarrollar la base de habilidades necesaria. Sin embargo, aprovechar esta oportunidad requerirá acciones proactivas desde ahora para garantizar que la mano de obra esté lista cuando se la necesite. Los puestos en las primeras etapas, como los de las fases de desarrollo e inversión de capital, son particularmente importantes. Estos puestos impulsan la inversión, acortan los plazos de los proyectos y sientan las bases para una industria eólica marina madura. El crecimiento se concentrará regionalmente. Se proyecta la mayor expansión de la fuerza laboral en Biobío, donde es más probable que se desarrollen los proyectos. Los esfuerzos para establecer centros de capacitación

regionales en las comunidades costeras, ampliar la capacidad de los colegios y universidades locales y ofrecer programas acelerados para jóvenes locales y personas que cambian de carrera son clave para garantizar una oferta de habilidades eficaz. Es fundamental planificar para asegurar que la capacitación esté disponible en los lugares adecuados para apoyar el desarrollo económico local y la entrega oportuna de los proyectos.

Recomendación: Chile debería desarrollar capacidades tempranas en habilidades de trabajo en el extranjero, con un enfoque claro en las fases de desarrollo.

Acciones clave:

- Priorizar la capacitación para roles críticos en las etapas iniciales del proyecto, como ingenieros de diseño, asesores ambientales, gerentes de contratos y especialistas en permisos.
- Integrar planes de estudio relevantes para la energía eólica marina en universidades e institutos técnicos.
- Prepararse con anticipación para la gran y constante fuerza laboral de operación y mantenimiento (O&M) mediante la ampliación de la capacidad de capacitación de técnicos. La O&M será la fuente de empleo local más duradera y estable. Una posibilidad sería desarrollar alianzas con fabricantes de turbinas y contratistas de O&M para establecer centros regionales de capacitación y simulación.
- Establecer centros de capacitación en las comunidades costeras que servirán de base para el despliegue de la energía eólica marina. En el caso de Chile, Biobío es un candidato idóneo para concentrar los programas de capacitación.

7.4 Transferencia de habilidades existentes

Otro aspecto a considerar es la experiencia intersectorial. Los trabajadores del sector marítimo poseen habilidades altamente transferibles, idóneas para la energía eólica marina. Las trayectorias profesionales específicas y los programas de recapacitación estructurados pueden acelerar su transición. Las rutas de conversión estandarizadas y los programas de transición pueden ser un valioso facilitador para integrar estas habilidades en la energía eólica marina.

Los sectores: marítimo, de defensa y de petróleo y gas poseen habilidades relevantes que pueden adaptarse rápidamente mediante una capacitación específica, creando así un campo más ágil de talento calificado para la energía eólica marina.

Los programas de capacitación deben centrarse en reconocer la experiencia previa y proporcionar módulos de transición para cumplir con los requisitos de competencia específicos del sector.

Recomendación: Chile debería establecer un programa de transición laboral en Biobío.

Acciones clave

- Crear vías de acceso para trabajadores pesqueros, portuarios, siderúrgicos, fabricantes, electricistas y otros trabajadores industriales al sector de la energía eólica marina.
- Implementar programas de reconocimiento de aprendizaje previo para evaluar y acreditar

formalmente las habilidades existentes, facilitando así una transición más rápida de los trabajadores a puestos en el sector de la energía eólica marina

7.5 Apoyar el desarrollo a largo plazo de la fuerza laboral de Operación y Mantenimiento

Seguir el ejemplo del éxito del Reino Unido en la regeneración de regiones industriales (por ejemplo, Hull, Teesside) mediante la agrupación de parques eólicos marinos.

Recomendación: Chile debería crear una Zona Industrial Eólica Marina en el Biobío

Acciones clave:

- Designar un área regional de desarrollo de OSW centrada en Coronel-Concepción para facilitar
 - Mejoras portuarias
 - Desarrollo de clústeres de fabricación
 - Centros de formación de técnicos
 - Incentivos para la cadena de suministro local

8 FACTORES AMBIENTALES

Las consideraciones ambientales se identifican como una de las áreas de alta prioridad para el desarrollo de OSW en Chile. Esto se debe a dos factores: ecológicos y regulatorios. Las aguas chilenas albergan uno de los ecosistemas de vida silvestre más ricos del mundo, que desempeña un papel fundamental en la ecología de la región, por lo que cualquier intervención debe gestionarse cuidadosamente. El gobierno y las comunidades chilenas tienen un firme compromiso con el mantenimiento de la armonía del medio marino y no toman los cambios a la ligera. Una regulación eficiente y efectiva garantizará que las partes interesadas tengan una visión clara del impacto de OSW y que se minimicen los efectos adversos. En este sentido, los mercados maduros pueden aportar lecciones de experiencias previas.

Los responsables políticos del Reino Unido tienen una larga trayectoria de colaboración con desarrolladores y otras partes interesadas en materia de mitigación ambiental. Las recomendaciones para Chile en este sentido consisten en estudiar el enfoque del Reino Unido para fundamentar el suyo propio. Se proporciona una visión general de los elementos clave y un resumen de las recomendaciones basadas en las lecciones aprendidas y los objetivos futuros del Reino Unido.

8.1 Gestión de proyectos de OSW para minimizar el impacto en áreas marinas y costeras protegidas

En el Reino Unido, existe una importante regulación que supervisa los efectos ambientales de un proyecto de energía eólica marina y determina si el proyecto puede seguir adelante.

La fase previa a la solicitud de un proyecto de energía eólica marina incluye la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y la Evaluación de Hábitats (HRA). Tanto la EIA como la HRA son requisitos para la solicitud de un parque eólico marino. Su propósito es:

1. Una EIA describe y evalúa los impactos, tanto directos como indirectos, del proyecto propuesto sobre el medio ambiente, según lo exigen las Regulaciones de EIA. Posteriormente, la autoridad competente examina la EIA y decide si otorga o no el permiso para el proyecto.
2. Una HRA evalúa el impacto del proyecto en los espacios naturales europeos designados en virtud de la Directiva Hábitats para la protección de hábitats y especies importantes. La autoridad competente solo puede otorgar el permiso para un proyecto si este no afecta la integridad de un espacio natural europeo.

En el Reino Unido también existen otras designaciones. Para cualquier solicitud de licencia marina u Orden de Consentimiento de Desarrollo (OCD), es necesario considerar específicamente las Zonas Marinas de Conservación (ZMC) en aguas inglesas y galesas, y las Áreas Marinas Protegidas (AMP) en Escocia.

Si bien siempre se requerirá una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y una Evaluación de Riesgos para la Salud (ERS) para un proyecto de parque eólico marino, la necesidad de evaluaciones de ZMC/AMP dependerá de la proximidad del proyecto a dichos sitios. En el caso de las ZMC, el organismo regulador considera la importancia del riesgo que la actividad representa para los

objetivos de conservación del sitio. Si se considera necesario, el desarrollador debe considerar otras alternativas, como métodos alternativos o una ubicación diferente. Si no existen otras opciones, se realiza una evaluación de Fase 2, en la que el desarrollador debe demostrar que el beneficio para el público supera el posible daño ambiental. El organismo regulador también puede solicitar al desarrollador que realice mejoras ambientales proporcionales (que no impliquen costos desproporcionados), como diseños que integren la naturaleza.

Se ha designado una red de Áreas Marinas Protegidas (AMP) para la conservación de la naturaleza en aguas escocesas, protegiendo hábitats y especies como los lechos de maërl y la raya común. Las autoridades públicas (incluidos los ministros escoceses) deben considerar si un proyecto puede afectar significativamente un elemento protegido dentro de un AMP (Marine Scotland, 2018). La autoridad pública no debe otorgar el permiso para la actividad a menos que esté convencida de que no existe un riesgo significativo de que esta impida el logro de los objetivos del sitio.

La Declaración de Política Nacional para la Infraestructura de Energía Renovable (EN-3) añade que los solicitantes deben considerar los impactos en las AMP, tanto individualmente como en combinación, aplicar la jerarquía de mitigación y, cuando sea necesario, proporcionar compensación.

En la práctica, el Reino Unido aplica esto mediante una jerarquía estructurada de evitar, reducir, mitigar y, solo entonces, compensar. Para las áreas protegidas, esto implica elegir emplazamientos y rutas de cable con menor riesgo de conflicto, microubicación (la colocación de aerogeneradores a distancias incrementales reducidas) alrededor de elementos sensibles, ajustar los métodos de instalación, reducir el ruido, utilizar perforación direccional horizontal en puntos de impacto sensibles, minimizar el número de cruces de cables donde interactúan los proyectos y coordinar la construcción y el desmantelamiento para reducir la perturbación acumulativa. La norma EN-3 motiva explícitamente a los solicitantes de múltiples proyectos a colaborar cuando las rutas de los cables generen perturbación acumulativa en las zonas intermareales o submareales.

Un avance importante reciente en el Reino Unido es la adopción de la compensación estratégica por los efectos residuales en las Áreas Marinas Protegidas (AMP). El Fondo de Recuperación Marina, lanzado a finales de 2025, permite a los desarrolladores de energía eólica marina solicitar el uso de un mecanismo gestionado por el gobierno para ofrecer compensación ambiental estratégica por los efectos adversos en las AMP. El objetivo es reducir la necesidad de que cada proyecto diseñe un paquete de compensación a medida de forma aislada, manteniendo el principio de que la compensación solo se concede una vez agotadas las medidas de prevención y mitigación viables.

La estrategia del Reino Unido para garantizar la protección marina durante el desarrollo de la energía eólica marina implica una planificación espacial basada en el riesgo, con una evaluación rigurosa del emplazamiento, medidas de mitigación a nivel de proyecto y compensación estratégica por los efectos residuales inevitables.

Una recomendación clave para que este enfoque funcione es asegurar que las autoridades competentes cuenten con la capacidad suficiente para tramitar las solicitudes con rapidez.

8.2 Marcos de gobernanza: Coordinación de los reguladores ambientales y las autoridades de planificación durante el proceso de autorización de parques eólicos marinos

El marco de gobernanza hacia el que Inglaterra y Gales han avanzado incluye cinco elementos.

1. Planificación temprana de la recopilación de pruebas con los Organismos Estatutarios de Conservación de la Naturaleza (OCCN), para que los desarrolladores y los reguladores acuerden de antemano qué pruebas se necesitan y dónde se acepta la incertidumbre. Las directrices de la Organización de Gestión Marina (OMM) permiten a los desarrolladores de Inglaterra y Gales acordar planes de recopilación de pruebas con los OCN pertinentes.
2. Asesoramiento previo a la solicitud, para que la OMM, Natural England, el Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Agricultura (DEFRA) y las autoridades locales de planificación estén coordinadas antes de que comience el examen.
3. Clara separación de funciones entre la autoridad examinadora, la autoridad de concesión de licencias, los asesores estatutarios y el responsable de la toma de decisiones
4. Grupos de trabajo técnicos específicos para cada caso en relación con aves marinas, mamíferos marinos, bentos, peces, caída de cables a tierra y efectos acumulativos.
5. Gobernanza posterior a la concesión del permiso que vincule las condiciones de la licencia, la revisión del seguimiento y la gestión adaptativa.

El proceso de autorización de energía eólica marina en Escocia se basa en un marco de gobernanza planificado y gestionado por el Equipo de Operaciones de Licencias de la Dirección Marina (MD-LOT) en nombre de los Ministros escoceses. Entre las normativas clave se incluyen la Ley Marina (Escocia) de 2010 y la Ley de Electricidad de 1989, que utilizan Planes Marinos Sectoriales para identificar emplazamientos. El MD-LOT tramita las autorizaciones para proyectos de más de 1 MW (en tierra) y más de 50 MW (en alta mar), coordinándose con las partes interesadas para garantizar el cumplimiento ambiental y el desarrollo sostenible. Actualmente se están llevando a cabo reformas para establecer un marco más rápido y flexible.

En el caso de las áreas protegidas, el marco del Reino Unido incorpora cada vez más una capa estratégica que complementa la autorización proyecto por proyecto. La norma EN-3 exige ahora a los solicitantes que consideren detenidamente los impactos en las Áreas Marinas Protegidas (AMP), apliquen la jerarquía de mitigación y soliciten asesoramiento temprano a las Juntas Nacionales de Protección Ambiental (SNCB) y al Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA).

El Paquete de Mejora Ambiental para la Energía Eólica Marina, junto con el Fondo de Recuperación Marina, tiene como objetivo trasladar algunas cuestiones de la negociación fragmentada a nivel de proyecto hacia una compensación más estratégica y normas nacionales más claras.

8.3 Medidas y tecnologías de mitigación: métodos para minimizar los impactos ambientales

En el Reino Unido existe un amplio consenso sobre la forma más eficaz de mitigación: evitar y reducir los impactos en la fase de diseño, mucho antes de considerar la compensación. La norma EN-3 establece explícitamente que los solicitantes deben revisar primero todas las opciones de evitación, reducción y mitigación. Para las Áreas Marinas Protegidas (AMP) y los hábitats sensibles, los ejemplos de políticas incluyen rutas de microubicación, alternativas a la hincas de pilotes o zanjas, tecnología de ORE Catapult

reducción de ruido, medidas para evitar colisiones y, solo entonces, compensación si persisten efectos residuales.

Para los efectos bentónicos y sobre el hábitat, las medidas que cuentan con mayor respaldo son:

- Microubicación de turbinas y cables mediante estudios topográficos precisos
- Modificaciones en la disposición del conjunto
- Redireccionamiento de los cables de exportación e interconexión para evitar zonas sensibles o protegidas
- Enterramiento de los cables a la profundidad adecuada
- Minimización del volumen de infraestructura en zonas sensibles
- Minimización o eliminación de la protección contra la erosión siempre que sea posible
- Uso de técnicas de perforación direccional horizontal (HDD) en la zona de llegada a tierra para evitar impactos en zonas intermareales sensibles

8.3.1 Ruido submarino y mamíferos marinos

La evidencia en el Reino Unido es más sólida en lo que respecta a sistemas de reducción de ruido y métodos de instalación más silenciosos. La norma EN-3 indica que, cuando no se puedan evitar los impactos acústicos, la mitigación debe incluir métodos de instalación alternativos, tecnología de reducción de ruido, restricciones espaciales o temporales a las actividades ruidosas y tipos de cimentación alternativos. También establece que el Secretario de Estado puede denegar el permiso a menos que se utilice o garantice una mitigación de ruido adecuada. El Comité Conjunto de Conservación de la Naturaleza (JNCC), Natural England y el Centro para el Medio Ambiente, la Pesca y la Acuicultura (CEFAs) publicaron una posición conjunta en 2025 específicamente sobre métodos de pilotaje más silenciosos y sistemas de reducción de ruido, lo que demuestra que esto se ha convertido en una práctica regulatoria generalizada en lugar de una opción minoritaria. Las medidas estándar, como los observadores de mamíferos marinos, el monitoreo acústico pasivo, los disuasivos acústicos y los arranques suaves, siguen formando parte del paquete, pero por sí solas son más eficaces para reducir el riesgo de lesiones que para reducir la huella de perturbación en general.

8.3.2 Aves

El Reino Unido se basa principalmente en la selección del emplazamiento y la disposición de las turbinas, en lugar de exigir que se demuestre la eficacia de una tecnología operativa específica. La norma EN-3 señala la importancia de minimizar la iluminación, disponer las turbinas para reducir el riesgo de colisión, ajustar parámetros como la altura del rotor cuando sea necesario y desviar el tráfico de buques de construcción y mantenimiento para evitar la formación de colonias de aves marinas durante los periodos más sensibles. Cabe destacar también que la norma EN-3 indica que la parada de las turbinas durante la migración probablemente aún no constituya una medida de mitigación adecuada en la práctica actual del Reino Unido, si bien esto podría cambiar a medida que mejore la evidencia.

8.3.3 Peces y fuerzas electromagnéticas (CEM)

La postura del Reino Unido es más cautelosa: los cables blindados reducen los campos electromagnéticos y el enterramiento aumenta la distancia entre el campo y las especies sensibles. La norma EN-3 también señala que persiste la incertidumbre sobre el efecto o el nivel de mitigación, especialmente para cables múltiples o de mayor capacidad y para la energía eólica flotante, donde los cables pueden quedar suspendidos en la columna de agua.

8.3.4 Resumen de las medidas de mitigación

En general, la experiencia del Reino Unido sugiere que las medidas de mitigación más efectivas son:

- Ubicación y microubicación basadas en estudios topográficos
- Enterramiento de cables/HDD donde sea apropiado
- Instalación de cimentaciones más silenciosas y reducción del ruido
- Controles estacionales/espaciales de las obras ruidosas y el tráfico marítimo
- Monitoreo adaptativo vinculado a las condiciones de la autorización

La evidencia es más sólida para las medidas de diseño de hábitats y la mitigación del ruido submarino; es menos concluyente para las tecnologías de reducción de colisiones y la mitigación de campos electromagnéticos

8.4 Monitoreo ambiental posterior a la concesión del consentimiento: Garantizar una evaluación eficaz de los impactos ecológicos a largo plazo

El modelo de seguimiento posterior a la autorización en el Reino Unido se basa principalmente en el cumplimiento de las condiciones de la licencia marina/DCO, con la MMO desempeñando un papel central en Inglaterra. La guía de la MMO, publicada en 2025 y actualizada en marzo de 2026, tiene como objetivo estandarizar el seguimiento en seis organismos receptores, en lugar de prescribir una lista universal de lo que cada proyecto debe supervisar. La guía indica que las recomendaciones se implementan a través del Equipo de Licencias Marinas de la MMO, que consulta con las SNCB, revisa los informes de seguimiento y determina los pasos a seguir.

La estructura de seguimiento avanza hacia metodologías estandarizadas, planes de seguimiento acordados y estándares comunes de datos e informes. La guía más reciente exige una clara indicación de los estándares en los planes e informes de seguimiento, y prevé que los datos de los proyectos bajo los acuerdos de arrendamiento de The Crown Estate se carguen en el Intercambio de Datos Marinos, lo que facilita el acceso a la evidencia y su reutilización entre proyectos. Esta es una característica fundamental de la práctica en el Reino Unido: el seguimiento posterior a la autorización no debe quedar confinado a los archivos de cada proyecto; cada vez más, se considera evidencia compartida del sector. El Reino Unido también pretende tratar el seguimiento posterior al consentimiento como un ciclo de gestión adaptativa, no solo como un ejercicio de cumplimiento. El trabajo de buenas prácticas de Natural England y la literatura sobre seguimiento posterior al consentimiento a la que hace referencia MMO enfatizan que el seguimiento debe poner a prueba hipótesis, detectar efectos imprevistos, reducir la incertidumbre e informar las decisiones sobre si se necesita un mayor seguimiento, mitigación, compensación o restauración.

En resumen:

- Los requisitos de monitoreo específicos del proyecto se garantizan mediante consentimiento.
- Los planes de monitoreo se discuten con la MMO y las SNCB.
- Se realizan encuestas utilizando métodos estandarizados cuando están disponibles.
- Los informes y los datos subyacentes se revisan y se comparten cada vez más a través de MDE.
- Los reguladores deciden si el monitoreo puede detenerse, continuar o dar lugar a acciones adicionales

8.5 Integración de las comunidades locales en los requisitos de monitoreo ambiental para la energía eólica marina

La participación de las comunidades locales en el monitoreo ambiental de la energía eólica marina en Chile podría ser una estrategia fundamental de gobernanza y generación de evidencia que reduzca el riesgo en la obtención de permisos, mejore la calidad de los datos y fomente la aceptación social a largo plazo. Una forma de lograrlo es integrar a la comunidad en el programa nacional de generación de evidencia.

Según el modelo tradicional, se consulta a las comunidades sobre los impactos. El modelo propuesto busca considerar a las comunidades para contribuir a la generación de evidencia ambiental. Esto podría lograrse mediante la incorporación de un nivel formal de monitoreo comunitario dentro de un programa nacional de generación de evidencia para la energía eólica marina:

Nivel 1 Línea de base gubernamental/científica (por ejemplo, oceanografía, aves, mamíferos)

Nivel 2 Monitoreo de cumplimiento dirigido por el desarrollador

Nivel 3 Monitoreo dirigido por la comunidad

Los pescadores, las comunidades costeras y los grupos indígenas recopilan datos, validan las observaciones y co-diseñan las prioridades de monitoreo. Las comunidades deben monitorear indicadores locales, observables y de alto valor, como la pesca y los medios de subsistencia (cambios estacionales en la composición y las especies de las capturas); la ecología marina (actividad de las aves marinas, avistamientos de mamíferos marinos); y el medio ambiente físico (turbidez, desechos). Esta actividad complementará, no reemplazará, los estudios científicos.

Se podría proporcionar tecnología apropiada a las comunidades locales para apoyar la recopilación de datos, y se deben implementar procedimientos de garantía y control de calidad (CC), mediante la estandarización de métodos y la calidad de los datos. Además, el monitoreo debe ser remunerado y no considerarse voluntario.

Será importante establecer alianzas con las comunidades locales como modelo de gobernanza, incluyendo a pescadores, asesores científicos, desarrolladores y ONG locales.

8.6 Resumen de recomendaciones

El resumen general de recomendaciones sobre factores ambientales para OSW se basa en la

experiencia del Reino Unido al equilibrar las principales preocupaciones ambientales con objetivos de despliegue ambiciosos, plazos de proyectos ajustados, disponibilidad de datos y tecnología, y capacidad de evaluación/visión de solicitudes.

Recomendaciones clave:

1. Establecer un marco formal de consentimiento interinstitucional con antelación.
2. Utilizar la evaluación espacial marina para evitar los peores conflictos de requisitos de área.
3. Acordar los planes de estudio y recopilación de evidencia antes de que comiencen las evaluaciones de impacto ambiental (EIA).
4. Priorizar la mitigación desde el diseño.
5. Estandarizar el monitoreo y el intercambio de datos posteriores al consentimiento.
6. Definir la política de áreas protegidas de forma clara y temprana.
7. Elaborar una evaluación de efectos acumulativos a nivel de plan.
8. Utilizar proyectos piloto para generar evidencia a nivel nacional.

La recomendación principal para Chile no es copiar íntegramente el régimen consolidado del Reino Unido, sino adelantar la implementación de las normas de gobernanza, evidencia, mitigación, monitoreo y áreas protegidas que el Reino Unido tuvo que desarrollar con el tiempo a través de la experiencia. La declaración de política EN-3 actualizada del Reino Unido y el trabajo de estandarización del monitoreo posterior al consentimiento de la MMO muestran un sistema que avanza hacia una coordinación más temprana, la mitigación desde el diseño, un mayor enfoque en las áreas protegidas y una generación de evidencia más estandarizada.

9 CADENA DE SUMINISTRO

Más allá del excepcional potencial técnico de Chile para la energía eólica marina, las estimaciones recientes proyectan entre 20 GW y 30 GW de capacidad instalada en escenarios de despliegue medio a alto. Para alcanzar esta meta, se requerirá una cadena de suministro sólida, competitiva y con base local, capaz de escalar desde la oportunidad hasta la entrega. El sector eólico marino del Reino Unido se ha forjado a lo largo de dos décadas de análisis detallado de la cadena de suministro, comenzando con los primeros esfuerzos para identificar dónde las capacidades nacionales podrían satisfacer las necesidades de una industria en crecimiento.

9.1 Factores clave de la cadena de suministro de OSW

Una descripción general de los factores clave de la cadena de suministro para OSW de Chile se puede resumir en ocho puntos clave:

9.1.1 La energía eólica marina requiere cadenas de suministro complejas y de múltiples etapas

La energía eólica marina depende de un gran ecosistema de fabricantes, activos marítimos, puertos y proveedores de servicios. Los segmentos clave de la cadena de suministro incluyen:

- **Materias primas** (acero, cobre, elementos de tierras raras)
 - **Fabricación de componentes** (álabes de turbina, góndolas, torres, cimentaciones, cables)
 - **Logística especializada** (buques de instalación, capacidad de elevación de cargas pesadas, zonas de almacenamiento en puerto)
 - **Infraestructura de operaciones y mantenimiento (O&M)** para un período de 25 a 30 años
- Todas las etapas, desde las materias primas hasta los buques de instalación, deben desarrollarse simultáneamente, ya que cualquier cuello de botella, incluso en una sola área, limita la ejecución del proyecto

9.1.2 La energía eólica flotante dominará las necesidades de la cadena de suministro de Chile

Debido a la presencia de aguas profundas cerca de la costa, las plataformas flotantes constituirán la gran mayoría de los proyectos marinos chilenos. Esto influye drásticamente en los requisitos de la cadena de suministro:

- Cimentaciones flotantes (semisumergibles, tipo spar, tipo barcaza)
- Sistemas de amarre y cables dinámicos
- Capacidad portuaria para el montaje de estructuras de gran tamaño

Las tendencias mundiales sugieren que la energía eólica flotante está entrando en la fase de comercialización, pero se enfrenta a limitaciones en la cadena de suministro y a altas presiones de costes.

9.1.3 Chile actualmente carece de capacidad industrial y portuaria clave

Hay carencias en la industria chilena necesarias para desplegar OSW hoy en día, y

- **Capacidad de fabricación**, especialmente para componentes de gran tamaño como palas, torres y plataformas flotantes.
- **Servicios marítimos**, incluyendo buques especializados e infraestructura portuaria preparada para operaciones en alta mar

La capacidad manufacturera y marítima local es un elemento esencial para lograr la reducción de costos y la viabilidad del sector a largo plazo en la región.

9.1.4 Las mejoras en los puertos son una prioridad estratégica

La experiencia internacional demuestra que la energía eólica marina depende de puertos especializados capaces de soportar:

- Almacenamiento y disposición de componentes de gran tamaño
- Grúas de gran capacidad
- Montaje en muelle
- Integración de plataformas flotantes

La región del Biobío ha sido identificada como un punto clave para los primeros proyectos eólicos marinos de Chile. Alberga importantes puertos cerca de centros industriales y está bien ubicada para el ensamblaje de parques eólicos marinos.

9.1.5 La cadena de suministro de América Latina está actualmente fragmentada

Según el Consejo Mundial de Energía Eólica, Latinoamérica carece de capacidad integrada de fabricación y servicios, con una cadena de suministro fuertemente concentrada en Brasil y México. La región debe fortalecer la coordinación, la infraestructura portuaria y las capacidades industriales locales para satisfacer la creciente demanda de energía eólica marina.

Por lo tanto, Chile debe competir por el suministro global al tiempo que desarrolla capacidades nacionales en áreas estratégicas, particularmente en cimentaciones flotantes, fabricación y operación y mantenimiento.

9.1.6 Las fortalezas intersectoriales pueden acelerar el desarrollo de la cadena de suministro

Chile ya cuenta con importantes capacidades marítimas, industriales y de fabricación en sectores como la pesca, los astilleros y la siderurgia. Estos sectores pueden aprovecharse para desarrollar:

- Astilleros de ensamblaje de plataformas flotantes
- Fabricación o montaje de cables
- Mantenimiento y operaciones marítimas

MERIC y los análisis del sector resaltan las oportunidades de sinergia entre los clústeres industriales

9.1.7 La agrupación industrial acelera la reducción de costes

Los países que construyeron cadenas de suministro exitosas (por ejemplo, el Reino Unido, Dinamarca, los Países Bajos) desarrollaron **zonas industriales de energía eólica marina** cerca de los principales puertos, concentrando:

- Fabricación
- Ensamblaje
- Formación de personal
- Centros de innovación

La agrupación reduce los costos, acorta los plazos logísticos y mejora la competitividad. Este es un enfoque recomendado para Chile, especialmente en la zona del Biobío.

9.1.8 La certeza política es esencial para la inversión en la cadena de suministro

La experiencia global, incluida la del Reino Unido, demuestra que los inversores en la cadena de suministro necesitan:

- Objetivos claros a largo plazo para la energía eólica marina
- Concesión de licencias y permisos transparentes para el lecho marino
- Planes de expansión de la red eléctrica
- Proyectos en cartera predecibles

En Chile, la ausencia de un marco regulatorio completo ya se ha señalado como una barrera para los proyectos pioneros.

9.2 Las lecciones aprendidas por el Reino Unido

Desde mediados de la década de 2000, organismos gubernamentales, asociaciones industriales y The Crown Estate han publicado un flujo constante de evaluaciones estratégicas, que abarcan desde la preparación de la infraestructura portuaria hasta las tendencias de costes futuras y el análisis de la salud de la cadena de suministro. Estos informes han desempeñado un papel crucial en la formulación de políticas, la orientación de la inversión y la definición de la estrategia industrial. En conjunto, este trabajo ha contribuido a garantizar que el desarrollo de la cadena de suministro del Reino Unido se base en datos empíricos, tenga visión de futuro y responda a las necesidades del mercado, posicionando al país como líder mundial en energía eólica marina.

La inversión más significativa en la industria manufacturera británica entre 2010 y 2020 fue la creación de una planta de fabricación de palas Siemens Gamesa en el muelle Alexandra de Hull en 2016. Esta inversión se produjo tras una inversión de 310 millones de libras esterlinas en colaboración con Associated British Ports (ABP).

El Acuerdo Sectorial de 2019 incluyó un compromiso del gobierno para realizar subastas periódicas de proyectos a cambio del compromiso de la industria de aumentar el contenido británico al 60 % del gasto total durante la vida útil del proyecto para 2030. También impulsó varias iniciativas de desarrollo de la cadena de suministro, como la Alianza para el Crecimiento de la Energía Eólica Marina.

Escocia está en posición de convertirse en el epicentro del desarrollo de la energía eólica marina en el Reino Unido, y las acciones que se implementen allí son relevantes para el mercado chileno.

A pesar de las fortalezas de Escocia, persisten importantes deficiencias de capacidad en áreas de alta inversión, como las torres de turbinas eólicas y las subestructuras flotantes. Estos componentes representan las mayores inversiones de capital en proyectos de energía eólica marina, pero actualmente presentan el menor nivel de preparación de la cadena de suministro. Estas deficiencias también son directamente aplicables a Chile. Abordar estas carencias requerirá:

- Inversión del sector público para establecer o mejorar las instalaciones de fabricación de torres.
- Participación en las primeras etapas del proyecto para adquirir experiencia en la fabricación de subestructuras.
- Optimización del diseño en colaboración con proveedores escoceses para componentes como cabos de amarre sintéticos y anclas

Además, la falta de estandarización en las tecnologías de subestructuras flotantes, impulsada por la propiedad intelectual patentada y los diseños a medida, genera incertidumbre para los proveedores y complica la planificación a largo plazo.

La infraestructura portuaria y logística de Escocia está bien posicionada para apoyar el desarrollo de plataformas flotantes de carga, aunque aún no se han definido los requisitos específicos. La coordinación entre múltiples puertos y astilleros, junto con la inversión en grúas de alta capacidad e instalaciones de almacenamiento, será esencial para llevar a cabo proyectos a escala comercial.

El desarrollo portuario ha sido una prioridad clave para el Reino Unido, y se implementaron programas como OWMIS y FLOWMIS para apoyar y mitigar los riesgos asociados a dicho desarrollo.

Además de los mecanismos financieros, el Reino Unido se ha esforzado por incorporar contenido local en la cadena de suministro de OSW para garantizar la obtención de un mayor valor económico.

9.3 Captura de beneficios económicos: Contenido local

El Reino Unido dio sus primeros pasos significativos para fomentar el contenido local en 2012, cuando el Foro de Desarrolladores de Energía Eólica Marina (precursor del actual Consejo de la Industria Eólica Marina) estableció un objetivo del 50 % de contenido británico, que se incrementó al 60 % en 2019. Mediante un esfuerzo de colaboración entre el Gobierno del Reino Unido, The Crown Estate y RenewableUK, se estableció una metodología para medir el contenido local, la cual se incluyó en las solicitudes de Planes de Cadena de Suministro. Esto significa que el 60 % de todos los materiales de un parque eólico deben provenir del Reino Unido.

Si bien no era obligatorio, esta visión voluntaria contribuyó a impulsar el uso de suministros nacionales. Este enfoque incentivó a los desarrolladores a utilizar suministros nacionales, lo que aumentó el contenido local, evitó infringir las normas anticompetitivas de la Organización Mundial del Comercio y permitió flexibilidad para que el costo de la energía eólica marina se mantuviera competitivo.

Se desarrolló una metodología estandarizada para medir el contenido local, que sirvió de base para los

Planes de Cadena de Suministro requeridos en las subastas de Contratos por Diferencia (CfD). Además, se introdujeron Declaraciones de Desarrollo de la Cadena de Suministro (SCDS) para los proyectos en Escocia.

La introducción del Bono para la Industria Limpia va un paso más allá y ofrece un incentivo financiero para el uso de cadenas de suministro más cortas (es decir, suministro local). Este programa se implementará en la Ronda de Asignación 7, que tendrá lugar en 2025, por lo que su impacto aún no está claro.

El requisito relativo a la planificación de la cadena de suministro aparece en dos puntos del proceso de desarrollo:

1. Requisitos para el arrendamiento (acuerdo de solicitud de arrendamiento)
 - a) SCDS en Escocia
2. Requisitos para el contrato de suministro eléctrico (CfD)
 - a) Planes de la Cadena de Suministro (PCS)
 - b) Bonificación por Industria Limpia (BIL)
 - c) Seguimiento y evaluación de los PCS y la BIL

9.3.1 Declaraciones sobre el desarrollo de la cadena de suministro

Crown Estates Scotland estableció el proceso de arrendamiento de ScotWind para exigir a los desarrolladores que presenten proyecciones de desarrollo de la cadena de suministro (SCDS, por sus siglas en inglés) junto con actualizaciones periódicas durante el desarrollo. Las proyecciones SCDS consideran los planes para el abastecimiento de productos, materiales y mano de obra para la construcción, instalación, operación y mantenimiento de los proyectos ScotWind. Estos planes se elaboran en las primeras etapas del proyecto y, como tales, son proyecciones iniciales que se espera que evolucionen a lo largo del desarrollo del mismo. Se prevé que las próximas actualizaciones se publiquen a principios de 2026.

9.3.2 Planes de la cadena de suministro

Los SCP se introdujeron para incentivar la incorporación de nuevas empresas a la cadena de suministro y aumentar el contenido local. Introducidos para la Ronda de Asignación 3 (AR3) en 2019, se debía presentar un Plan de Cadena de Suministro (SCP) satisfactorio para que los proyectos que superaran una cierta cantidad de generación pudieran optar a él. No se exigió el desarrollo de la cadena de suministro en el Reino Unido para evitar preocupaciones sobre las ayudas estatales. Sin embargo, se esperaba que esto fomentara el desarrollo de una cadena de suministro en el Reino Unido.

En la Ronda de Asignación 7 (AR7), se introdujo el Bono para la Industria Limpia (CIB) con un umbral mínimo. NESO y LCCC con una declaración CIB de DESNZ que demuestra que cumplen con el umbral y que las propuestas adicionales a las que se les ha otorgado apoyo financiero (entre una y diez).

9.3.3 Bonificación por industria limpia

El CIB es un mecanismo de apoyo a los ingresos adicional al CfD. Es una asignación competitiva donde

los desarrolladores optan por invertir en cadenas de suministro más sostenibles por encima de un cierto umbral mínimo. Esto se conocía anteriormente como Recompensa de la Industria Sostenible (SIR). El umbral mínimo de inversión es:

- Fijo: £100 millones/GW
- Flotante: £50 millones/GW

La puntuación para el premio CIB comienza con la inversión que supere el umbral mínimo. La inversión debe realizarse en puertos o empresas que fabriquen, ensamblen o instalen componentes clave de OSW. Los CIB se asignan una vez que se ha asignado todo el presupuesto y son temporales hasta que se adjudique el CfD.

La bonificación por invertir en contenido que supere el umbral mínimo (propuestas CIB adicionales) se asigna en función de un sistema de clasificación, donde se obtienen más puntos a medida que aumenta la inversión. Las propuestas deben cumplir uno de dos criterios:

- Cadenas de suministro más cortas: inversión elegible, como en puertos e instalaciones, en zonas desfavorecidas del Reino Unido, según lo definido por índices de privación específicos.
- Objetivos basados en la ciencia: inversión en instalaciones o empresas comprometidas con objetivos basados en la ciencia para la reducción de emisiones

9.3.4 Seguimiento del SCP y el CIB

Es obligatorio informar a DESNZ sobre el progreso de los compromisos SCP o CIB. Para ambos compromisos, deben celebrarse reuniones de seguimiento al menos dos veces al año. En el caso de los SCP, DESNZ emite un informe formal de progreso al desarrollador a mitad de camino entre la adjudicación del CfD y la fecha de entrega del hito.

El incumplimiento de estos requisitos puede afectar al proyecto:

- Si un proyecto no cumple con los SCP, no podrá obtener un contrato de arrendamiento en Escocia. Si no cumple con los requisitos mínimos de CIB, no podrá optar CfD.
- El incumplimiento de los estándares mínimos del CIB después de que se haya adjudicado el CfD conlleva ajustes de rendimiento en el pago del CfD:
 - Las propuestas adicionales no se pagarán, incluso si se cumplen.
 - El resultado parcial del CIB dará lugar a un pago parcial proporcional al umbral del CIB alcanzado.
 -

9.4 Del plan a la realidad: el Plan de Crecimiento Industrial

El Plan de Crecimiento Industrial (PGI), publicado a principios de este año, establece una visión para aprovechar la oportunidad que ofrece la industria eólica marina a partir de ahora. Publicado en abril de 2024 por RUK, el Consejo de la Industria Eólica Marina (OWIC), The Crown Estate y The Crown Estate Scotland, constituye el análisis más exhaustivo hasta la fecha sobre las capacidades de

evaluación de la cadena de suministro en la industria y se basa en la Evaluación de Capacidades de la Cadena de Suministro (ECCS), publicada en octubre de 2023. La ECCS fue una recomendación clave del experto independiente en energía eólica marina, Tim Pick, en su informe al gobierno en marzo de 2023. El PGI define las prioridades, los objetivos y las acciones que permitirán a la industria captar una mayor cuota de mercado. Se fundamenta en una evaluación de "fabricar o comprar" de todos los componentes y servicios clave en la cadena de valor de la energía eólica marina. El PGI busca concretar cuatro resultados principales:

- Triple capacidad de producción de OSW en el Reino Unido en los próximos 10 años, posicionando al Reino Unido como líder en un mercado en auge.
- Doble inversión y producción en investigación.
- 25.000 millones de libras esterlinas de valor añadido bruto (VAB).
- 10.000 empleos anuales.

Para ello, el IGP establece cinco áreas prioritarias:

1. Instituto de Tecnología Avanzada de Turbinas
2. Cimentaciones y Subestructuras Industrializadas
3. Sistemas Eléctricos y Cables del Futuro
4. Servicios Ambientales Inteligentes
5. Instalación, Operación y Mantenimiento de Próxima Generación

También identifica tres elementos clave que permitirán que la capacidad cumpla con los objetivos anteriores:

- Fondo para el Crecimiento Industrial (para financiación durante cinco años)
- Centro Nacional de Innovación (para pruebas y demostraciones de última hora)
- Instituto de Tecnología Avanzada de Turbinas

También se identifica la necesidad de un único organismo ejecutor que coordine el plan. La Offshore Wind Growth Partnership (OWGP) fue seleccionada para desempeñar esta función. La OWGP será responsable del plan de crecimiento, alineará la financiación estratégica y promoverá al Reino Unido como destino líder para la inversión.

Asimismo, se abordan los desafíos generales y sistémicos en una sección titulada «Entorno para el éxito», que consta de cuatro categorías jerárquicas:

1. Desarrollar la infraestructura propicia
2. Reducir el riesgo de la inversión en el Reino Unido
3. Fortalecer las capacidades del sector y la mano de obra
4. Comercializar la innovación

9.4.1 Evaluación "Fabricar o comprar" de IGP/SCCA

La SCCA adoptada en el IGP categoriza las oportunidades en la industria OSW considerando el valor de mercado y la capacidad del Reino Unido para convertirse en un proveedor líder. Se describen cuatro categorías como una combinación de estos factores: **fabricar, fomentar la fabricación, comprar y proteger**.

Fabricación: Comprende materiales, componentes o servicios en los que el Reino Unido tiene una alta capacidad para lograr una posición dominante en el mercado y para los que existe una oportunidad de mercado a largo plazo. Esto abarca las cinco prioridades del Reino Unido enumeradas anteriormente.

Fomentar la producción: Abarca grandes oportunidades de mercado, pero donde el Reino Unido tiene poca capacidad para alcanzar una posición dominante actualmente. Se requiere un mayor esfuerzo para desarrollar estas capacidades, pero fomentarlas permitirá al Reino Unido capitalizar estos elementos de la cadena de suministro en el mercado de la madera de escayola.

Comprar: Esta es un área de bajo valor y donde el Reino Unido tiene poca capacidad. Si estos elementos se compran externamente, la pérdida de valor es limitada.

Proteger: Esta es un área de baja oportunidad de mercado, pero donde el Reino Unido tiene una alta capacidad para alcanzar una posición dominante. Por lo tanto, es importante mantener los elementos de esta categoría, ya que facilitan el desarrollo de otras partes de la cadena de suministro.

9.5 Recomendaciones

A continuación se presenta un resumen de las recomendaciones basadas en la experiencia del Reino Unido con la planificación industrial y la inclusión de contenido local.

- **Desarrollar una estrategia nacional de cadena de suministro basada en un análisis claro de “fabricar o comprar”.**

Evaluar las fortalezas industriales nacionales y priorizar la inversión en componentes o servicios donde se pueda lograr una ventaja competitiva, como hizo el Reino Unido con las palas, las torres, los cimientos y los cables

- **Establecer un organismo coordinador para alinear al gobierno, la industria y los inversores.**

Crear una organización de ejecución especializada, similar al Organismo de Ejecución del Plan de Crecimiento Industrial del Reino Unido, para mantener la hoja de ruta nacional, facilitar la coordinación intersectorial y canalizar fondos específicos.

- **Priorizar la innovación tecnológica y la infraestructura de pruebas.**

Invierta en centros de I+D, instalaciones de prueba de palas y plataformas flotantes, y aplicaciones de automatización/IA para mantenerse competitivo, siguiendo el plan del Reino Unido para expandir los centros nacionales de innovación y los institutos de tecnología avanzada.

- **Crear clústeres industriales regionales en torno a puertos estratégicos.**

Concentrar las funciones de fabricación, ensamblaje y operación y mantenimiento cerca de los puertos clave para reducir costos y acelerar la entrega de proyectos. Este enfoque es fundamental para las metas de expansión del Reino Unido.

- **Apoyar el desarrollo de la fuerza laboral y las habilidades en consonancia con el plan industrial.**

Vincular la formación técnica, los programas de aprendizaje y de actualización/recapitación con las necesidades laborales previstas de fabricación, instalación y operación y mantenimiento, garantizando la preparación a medida que aumenta la capacidad

- **Asegurar que los mecanismos de financiación movilicen tanto la inversión pública como la privada.**

Al igual que el plan del Reino Unido, Chile debería crear marcos de inversión que impulsen el capital privado mediante subvenciones, incentivos o bonificaciones por localización.

- **Uso de incentivos, no mandatos rígidos, para impulsar el contenido local.**

Adoptar mecanismos similares a los Planes de Cadena de Suministro del Reino Unido, que vinculan el acceso a marcos de ingresos (por ejemplo, CfD, PPA o créditos fiscales) con

compromisos detallados para la contratación pública local, el desarrollo de la fuerza laboral y la innovación, respaldados por el seguimiento y la aplicación de la normativa.

➤ **Integrar el contenido local en las normas de arrendamiento del lecho marino.**

Siga el punto 7 y exija a los desarrolladores que presenten declaraciones de desarrollo de la cadena de suministro durante las rondas de arrendamiento, detallando el gasto nacional previsto y las capacidades que se van a desarrollar, siguiendo el modelo de ScotWind que consiguió compromisos de gasto en el Reino Unido del 55-68%.

➤ **Establecer un seguimiento transparente y sanciones por incumplimiento.**

Asegúrese de que los compromisos adquiridos en los planes de la cadena de suministro sean exigibles, con hitos medibles y consecuencias por incumplimiento, tal como se practica en el marco SCP del Reino Unido.

➤ **Apoyar a los proveedores nacionales con programas industriales específicos.**

El Reino Unido complementa los requisitos de contenido local con la Offshore Wind Growth Partnership (OWGP), que proporciona financiación, desarrollo de capacidades y apoyo a la innovación a la cadena de suministro nacional.

10 CONCLUSION

Chile tiene una importante oportunidad para desarrollar un sector de energía solar marina competitivo y escalable, respaldado por sus abundantes recursos naturales, la creciente demanda de electricidad y los objetivos de descarbonización a largo plazo. Además, está bien posicionado para beneficiarse de las lecciones aprendidas en mercados más maduros. La experiencia del Reino Unido durante las últimas dos décadas, desde proyectos piloto hasta el despliegue comercial a gran escala, proporciona una sólida base de conocimientos prácticos en materia de políticas, planificación y ejecución. Aprovechando esta experiencia, Chile puede crear un entorno favorable para la inversión en OSW, ofreciendo una fuente de energía fiable y baja en carbono, e impulsando un mayor crecimiento económico mediante el desarrollo de una industria nacional.

Este informe destaca que el principal desafío no es la disponibilidad de recursos, sino la necesidad de establecer un marco propicio que abarque políticas, planificación, infraestructura y diseño de mercado. Sin una coordinación temprana, el despliegue de energía solar marina podría verse limitado por retrasos en los permisos, cuellos de botella en la transmisión, deficiencias en la infraestructura y falta de alineación entre instituciones y partes interesadas.

A partir de las lecciones aprendidas en el Reino Unido y las perspectivas de los actores de la industria, este informe presenta una serie de recomendaciones prácticas para abordar estos desafíos. Fundamental para estas recomendaciones es la necesidad de avanzar hacia un enfoque más estratégico y planificado, respaldado por un liderazgo central, una planificación integrada de la transmisión y del lecho marino, y un apoyo específico para las cadenas de suministro, los puertos y el desarrollo de la fuerza laboral. Al mismo tiempo, generar aceptación social, especialmente entre las comunidades pesqueras y costeras, será crucial para garantizar la viabilidad a largo plazo del proyecto y el apoyo público.

Un tema recurrente en todas las recomendaciones es la importancia de adoptar una perspectiva integral del sistema. La energía eólica marina no puede desarrollarse de forma aislada; debe estar alineada con la infraestructura de transmisión, la estrategia industrial, el desarrollo regional y la gestión ambiental. Adoptar este enfoque integrado ayudará a reducir los costos del sistema, mejorar los plazos de entrega y maximizar los beneficios económicos y sociales de la energía eólica marina.

Chile está bien posicionado para actuar como un "seguidor rápido" estratégico, aprovechando la experiencia internacional y desarrollando capacidades nacionales. Dado que se espera que la mayor parte del recurso eólico marino de Chile sea flotante, existe una clara oportunidad para aprender de la experiencia emergente del Reino Unido en energía eólica marina flotante en áreas como el despliegue de tecnología, la obtención de permisos y el desarrollo de la cadena de suministro. Al adoptar un marco integral y con visión de futuro, Chile puede reducir riesgos, atraer inversiones e ingresar al mercado de la energía eólica marina en el momento y la escala óptimos. Esto también crea una oportunidad para apoyar el despliegue temprano en regiones prioritarias como Biobío, donde el gran potencial de recursos, la infraestructura y la alineación de las partes interesadas pueden impulsar una mayor expansión.

En definitiva, la energía eólica marina tiene el potencial de desempeñar un papel transformador en la transición energética de Chile, contribuyendo a la seguridad energética, la reducción de emisiones y el crecimiento económico regional. Al tomar medidas tempranas y estratégicas, Chile puede establecer un sector de energía eólica marina resiliente y competitivo que genere valor a largo plazo para el país.

GLASGOW

Inovo

ORE Catapult
121 George Street
Glasgow
G1 1RD
+44 (0) 333 004 1400

BLYTH

National Renewable
Energy Centre

Offshore House
Albert Street
Blyth
Northumberland
NE24 1LZ
+44 (0) 1670 359555

LEVENMOUTH

Levenmouth
Development Turbine

Energy Park Fife
Links Drive
Leven
Methil
Fife
KY8 3RA

GRIMSBY

O&M Centre of
Excellence

ORE Catapult
Port Office
Cleethorpe Road
Grimsby
DN31 3LL

ABERDEEN

Floating Wind Innovation
Centre (FLOWIC)

ORE Catapult
W-Zero-1
Energy Transition Zone
Altens Industrial Estate
Hareness Road
Aberdeen
AB12 3LE

CORNWALL

Hayle Marine
Renewables
Business Park

ORE Catapult
North Quay
Hayle
Cornwall
TR27 4DD

PEMBROKESHIRE

Marine Energy
Engineering Centre of
Excellence (MEECE)

Bridge Innovation Centre
Pembrokeshire Science &
Technology Park
Pembroke Dock
Wales
SA72 6UN

LOWESTOFT

OrbisEnergy

ORE Catapult
Wilde Street
Lowestoft
Suffolk
NR32 1XH