



ENERGÍA MARINA EN CHILE

AVANZANDO EN EL
DESARROLLO DEL
RECURSO CHILENO



British Embassy
Santiago



THE UNIVERSITY
of EDINBURGH



ENERGÍA MARINA EN CHILE

AVANZANDO EN EL
DESARROLLO DEL
RECURSO CHILENO



AGRADECIMIENTOS

El presente informe ha sido desarrollado por Errázuriz & Asociados Ingenieros en cooperación con la Universidad de Edimburgo y la empresa de abogados Guerrero, Olivos, Novoa y Errázuriz, de Chile, para la Embajada Británica en Chile.

Nos gustaría agradecer a todas las personas e instituciones que ayudaron en el desarrollo de este estudio; Ministerios del Gobierno de Chile, empresas privadas, oficinas y entes de Gobierno, investigadores, y una mención especial al CER por la amplia información y orientación que proporcionaron durante el desarrollo de este informe.

También queremos enviar un agradecimiento especial para la British Foreign & Commonwealth Office por encargarnos este estudio para investigar más a fondo las oportunidades para el desarrollo de la energía marina en Chile.



British Embassy
Santiago



THE UNIVERSITY
of EDINBURGH

Lista de Acrónimos y Definiciones

CER: Centro de Energías Renovables, Ministerio de Energía de Chile.

CNBUC: Comisión Nacional del Uso del Borde Costero, comisión del Gobierno chileno que planifica el uso de terrenos costeros.

CRBUC: Comisión Regional del Uso del Borde Costero, comisión de los Gobiernos Regionales que planifican el uso de terrenos costeros.

CONICYT: Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica. Depende del Ministerio de Educación y aconseja al Presidente en dos campos estratégicos; formación de capital humano y apoyar y fortalecer la base científica y tecnológica del país.

CORFO: Corporación de Fomento a la Producción, organización del Gobierno chileno que ejecuta sus innovaciones y políticas de emprendimiento.

EMEC: European Marine Energy Centre, Centro Europeo de Energía Marina. Centro de investigación y desarrollo ubicado en las Orkney Islands, Escocia donde una parte importante de la I+D para los dispositivos de aprovechamiento de energía marina ha tenido lugar en UK.

Energía mareomotriz, o de las corrientes marinas: energía que es capturada de la energía cinética de los movimientos de corrientes marinas.

Energía marina u oceánica: energía que puede ser extraída de los océanos. En este informe energía marina se refiere a la energía que puede ser extraída de las olas y corrientes marinas.

Energía undimotriz o de las olas: energía que es extraída directamente de las olas superficiales o de fluctuaciones de presiones bajo la superficie de aguas superficiales.

ERNC: Energía Renovable No Convencional

Fondef: Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico, organismo del gobierno que financia y desarrolla proyectos de investigaciones científicas y tecnológicas.

LBGMA: Ley de Bases General del Medio Ambiente.

LGSE: Ley General de Servicios Eléctricos.

IEA: International Energy Agency, Agencia Internacional de Energía.

INH: Instituto Nacional de Hidráulica de Chile.

MSP: Maritime Spatial Plan. Planificación del Espacio Marítimo.

PBI: Production Based Incentives. Incentivos Basados en Producción.

PIB: Producto Interno Bruto.

PUC: Pontificia Universidad Católica de Chile.

RO: Renewable obligation, Obligación de energía Renovable

ROC: Renewable Obligation Certificate, Certificado de Obligación Renovable

SEA₍₁₎: Strategic Environmental Assessment, Evaluación Ambiental Estratégica. Es un proceso para asegurar que los efectos ambientales significativos derivados de políticas, planes y programas sean identificados, evaluados, mitigados, comunicados a los tomadores de decisiones, monitoreados y que las oportunidades para la participación pública sean proporcionadas.

SEA₍₂₎: Servicio de Evaluación Ambiental de Gobierno de Chile.

SHOA: Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada. Esta oficina depende de la Armada de Chile, su función es desarrollar las cartas de navegación y monitorear la actividad del océano. Este servicio además lidera la investigación del comportamiento del océano y ha sido una fuente principal de información para la estimación del potencial de energía.

Resumen Ejecutivo

La costa chilena tiene un vasto recurso para producción de energía undimotriz y mareomotriz, siendo entre ellos el recurso undimotriz mayor que el mareomotriz. El desarrollar estos tipos de energía podría traer consigo importantes contribuciones para el país en términos de seguridad y sustentabilidad de suministro de energía en el largo plazo.

Actualmente, los dispositivos que convierten estos tipos de energía en electricidad se encuentran en un nivel de desarrollo relativamente bajo, y el costo de la energía que producen ha mostrado ser significativamente mayor al de otras fuentes convencionales para generación de energía. Varios estudios muestran que hay un gran potencial para reducir los costos de estos equipos, pero se requiere un importante apoyo e inversión por parte de los sectores público y privado para facilitar estas reducciones de costo. Si Chile quiere utilizar las grandes oportunidades que presenta el sector de la energía marina requerirá de apoyo e inversión por parte del Gobierno.

Se debe tener en cuenta que el costo de los dispositivos de energía marina se ha reducido conforme los desarrolladores de tecnología fabrican las segundas generaciones de sus dispositivos, refinando y optimizando su diseño y operación. Se prevé que este costo continuará disminuyendo considerablemente en los próximos años cuando comiencen a aparecer los primeros parques o arreglos de dispositivos en operación comercial, haciendo que la energía generada por éstos alcance costos de mercado en el mediano plazo.

Una razón importante para dar incentivos para este desarrollo es que en los países donde esto ya se ha aplicado se han observado que el desarrollo de la energía marina trae consigo una serie de impactos positivos en la economía, principalmente asociados a la cadena de suministros para esta nueva industria y a una extensiva creación de empleos.

Históricamente, Chile ha sido más un comprador que un desarrollador de tecnología. Sin embargo, considerando el recurso marino con el que cuenta el país, ésta podría ser una oportunidad de cambiar esta tendencia y hacer que el país tome un rol activo en el desarrollo de tecnología para aprovechamiento de energía marina, junto con la obtención de los beneficios que se crean con ello.

En Chile hay una incipiente actividad en investigación de las oportunidades presentadas por el atractivo recurso energético marino. En los últimos años ha habido conferencias, el Gobierno está financiando estudios para evaluar el recurso y las compañías generadoras han comenzado a mostrar interés en el desarrollo del sector. Aunque existe un interés en el tema, todavía no existen las condiciones en Chile para ver la puesta en marcha de proyectos o inversión en desarrollo de tecnologías marinas en Chile.

Para que la implementación de proyectos de energía marina sea posible en Chile, se requieren varios cambios al marco regulatorio. Estos cambios son principalmente:

- >> Entregar mecanismos de apoyo financiero para apoyar el desarrollo de la energía marina.
- >> Refinar el marco legal chileno –que no está acostumbrado a lidiar con proyectos de este tipo respecto a permisos como concesiones, impactos ambientales, etc.- para facilitar el desarrollo de la energía marina.

Chile tiene un marco regulatorio sólido y efectivo en lo que a sector eléctrico se refiere. Sin embargo, desde un punto de vista de desarrollo de proyectos, existen temas importantes como los respecto a incentivos para la energía renovable, evaluación de impacto ambiental de proyectos, obtención de concesiones marinas y planificación del uso del borde costero, que en su forma actual podrían dificultar el desarrollo de proyectos de energía marina, causando que éstos no sean económicamente factibles, o que los proyectos tengan una alta carga en términos de permisos requeridos. Todo esto considerando que los proyectos podrían ser evaluados por entes gubernamentales o Ministerios que no tienen conocimiento en el tema y que podrían ser una barrera para el desarrollo de la energía marina en Chile.

Estrategias potenciales para energía marina en Chile:

Se han identificado dos estrategias que Chile podría implementar considerando la gran oportunidad que se presenta por el recurso de energía marina del país:

>> Una estrategia de **desarrollo** donde Chile podría dar incentivos al sector con el objetivo de hacerse parte del proceso de desarrollo de la tecnología y obtener los beneficios económicos que esta industria traería consigo.

>> Una estrategia de **implementación** donde Chile podría esperar que la tecnología se desarrolle en el extranjero y luego comprar e implementar los equipos en su costa, y obtener los beneficios de su abundante recurso.

Luego de hacer una revisión del marco regulatorio chileno en el contexto de implementación de energía marina, es importante recalcar que ambas estrategias presentadas requieren cambios en las leyes y procedimientos. En términos generales, la estrategia de **desarrollo** necesita cambios en el sistema que gobierna el uso de suelo, la obtención y costo de concesiones, y obtención de permisos ambientales. Además de ello, esta estrategia también requiere el establecimiento de incentivos e instrumentos de apoyo financiero a la energía marina y una completa estructura de cooperación en I+D entre universidades, empresa privada e instituciones del Gobierno con el objetivo de desarrollar capital humano, tecnología y capacidad de la cadena de suministros. La estrategia de **implementación** necesita menos cambios legales. Sin embargo, para facilitar el desarrollo de energía marina en algún tiempo futuro cuando las

tecnologías hayan logrado generar energía a un costo competitivo a otras formas de generación, los mismos cambios requeridos por la estrategia de desarrollo respecto a evaluación de impacto ambiental, el uso de terrenos, obtención de concesiones y sus costos serán necesarios.

Es importante recalcar que el Gobierno chileno ya ha establecido un trato especial respecto a permisos e incentivos para otras energías renovables, como la solar. Si se escoge una estrategia de desarrollo, los cambios legales requeridos en algunas áreas podrían ser similares a las medidas ya implementadas.

Como resultado final de este estudio, se destaca la necesidad de un Plan de Trabajo (roadmap) de energía marina en Chile. Se han identificado varias áreas en Chile que son prometedoras para el desarrollo energético marino y hay una necesidad de establecer los objetivos del Gobierno respecto a la energía marina para que se puedan establecer los pasos a seguir.

Un paso importante para decidir la mejor estrategia para Chile y determinar los cambios legales necesarios para facilitar el desarrollo de la energía marina es reunir a los actores importantes, en particular al Gobierno chileno, para desarrollar un Plan de Trabajo y así lograr obtener una visión clara sobre el futuro de la energía marina en el país.

Finalmente, hay un recurso atractivo en Chile y depende del Gobierno y al sector de energía marina decidir si ese recurso será explotado y qué rol tomará Chile en el desarrollo del sector. Sin embargo, es importante recalcar la importancia de que esta discusión se realice pronto ya que como otros países, particularmente en Europa, han puesto un foco importante en energía marina, el marco de tiempo de la oportunidad para que Chile decida tomar un rol activo en el desarrollo de tecnología para energía marina es corto.

TABLA DE CONTENIDOS

08	1. Introducción
10	2. Uso de energía marina para producción de electricidad
22	3. Situación actual chilena; recursos disponibles y actividad actual
27	4. Impactos ambientales y socio-económicos de la energía marina
35	5. Marco legal y permisos; sistema chileno y la experiencia británica
42	6. Incentivos y herramientas de financiamiento de proyectos para el desarrollo de energía marina
50	7. Planes para el desarrollo de energía marina en Chile
63	8. Conclusiones y recomendaciones
67	Referencias



Anexo 1:
Caso de las Islas Orkney
Anexo 2:
Marco regulatorio aplicable a energía marina en Chile
Anexo 3:
Mapa político de Chile
Anexo 4:
Mapa de áreas designadas en Escocia



01 | Introducción

El océano es una gran fuente de energía, y esta energía puede ser explotada desde gradientes termales, gradientes salinos, diferencias de altura en mareas, corrientes marinas u olas (OES, 2011). Este informe enfoca su exclusiva atención en la generación de energía utilizando la energía cinética de las olas (undimotriz) y de corrientes marinas (mareomotriz). En este sentido, el concepto de energía marina en este informe incluye sólo estos últimos dos tipos de energía de los océanos.

Chile tiene un borde costero de más de 4.000 km de longitud y tiene recursos importantes respecto a energía undimotriz y mareomotriz. Hay un interés entre las autoridades chilenas y los productores de energía en el potencial para explotar estos recursos para la producción de electricidad.

A escala global ha habido varios esfuerzos aislados para desarrollar dispositivos que conviertan la energía de las olas o mareas en electricidad. Sin embargo, el sector ha sido un foco importante, particularmente en Europa, en los últimos años y una cierta cantidad de tecnologías ha avanzado a una segunda generación de dispositivos. Mientras el sector se desarrolla hay varios desafíos que afrontar y el principal mensaje de los desarrollos en la última década es que instalar dispositivos en el agua es caro y que existen desafíos importantes con respecto a la confiabilidad y mantención de los mismos.

El año 2003 el Centro Europeo de Energía Marina (EMEC) en las Orkney Islands, Escocia comenzó a operar; éste es un centro de pruebas que ha dado gran ayuda a los

desarrolladores de tecnologías con el fin de incrementar la confiabilidad de los dispositivos en desarrollo. Además de financiar la creación de este centro de pruebas para apoyar el sector de la energía marina, tanto el Reino Unido como el gobierno de Escocia han demostrado un compromiso al sector y han puesto una serie de mecanismos de soporte financiero para apoyar el desarrollo tecnológico y la reducción de los costos.

El objetivo principal de este significativo y sostenido apoyo al sector de energía marina en el Reino Unido y Escocia es lograr que las tecnologías alcancen un estado de desarrollo donde puedan producir energía a una escala y costo comercial. Sin embargo, además hay importantes beneficios adicionales asociados con el desarrollo e implementación de tecnologías de energía marina, las cuales son un incentivo para los Gobiernos a invertir en apoyar el sector. Éstos incluyen un aumento en la seguridad e independencia energética de un país, reducción de emisiones, beneficios económicos y creación de empleo asociados al desarrollo de una nueva industria y su necesaria cadena de suministro.

Relacionado con el punto anterior, uno de los objetivos de este estudio es realizar una revisión completa del potencial en Chile para desarrollar la energía marina, como se ha realizado en otros países como el Reino Unido. Este es un punto de partida importante para llevar a cabo las grandes oportunidades que los recursos de energía marina en Chile presentan en términos de los impactos positivos que este desarrollo significa.

La metodología seguida para el desarrollo de este informe consiste en:

- >> Una extensiva revisión bibliográfica sobre el recurso de energía marina, dispositivos de generación y sus costos, experiencia alrededor del mundo en el desarrollo de energía marina, impactos de la energía marina en la economía, en el medio ambiente y en el marco regulatorio chileno.
- >> Reuniones con varias entidades del Gobierno chileno, compañías generadoras de energía y especialistas en energía marina, incluyendo:
 - **Gobierno:** Ministerio de Energía, CER, CORFO, CONICYT, SEA y CNBUC.
 - **Empresas generadoras de energía:** AES Gener, Endesa, International Power – GDF Suez e HydroChile.
 - **Especialistas:** Baird & Associates y Pontificia Universidad Católica de Chile
 - **Armada de Chile:** SHOA

Esta metodología fue utilizada para obtener una perspectiva diversa y completa de todos los temas que influyen en el desarrollo de la energía marina en Chile. La información recopilada se utilizó como base para la producción del informe que se enfoca en:

- >> El potencial natural de la costa chilena, donde la energía de las olas y mareas puede ser transformada en electricidad.
- >> El nivel de desarrollo actual de las tecnologías para generar electricidad utilizando energía de las olas y mareas.
- >> El marco regulatorio chileno, incluyendo herramientas y mecanismos existentes que podrían ser utilizados para dar apoyo e incentivar el desarrollo del sector de la energía marina en Chile.

- >> Análisis de las políticas y mecanismos de apoyo proporcionados en Europa y en todo el mundo para el desarrollo de tecnologías de energía marina, para evaluar cuáles de éstos podrían ser potencialmente apropiados para su utilización en Chile.
- >> Visión general de los impactos en la economía y sociedad chilena si el escenario regulatorio y financiero es llevado a cabo para incentivar el desarrollo de tecnologías de energía marina en Chile y el potencial del establecimiento de una industria local y una cadena de suministro para facilitar esto.
- >> Medidas que el gobierno chileno podría adoptar si se decide proporcionar incentivos a esta industria, y en caso de decirse, qué sería útil para asegurar que el actual marco regulatorio sea modificado para facilitar el futuro desarrollo del potencial de energía marina.

Este informe realiza un análisis detallado del potencial de energía marina en Chile, con un enfoque significativo en la experiencia escocesa. Escocia se ha utilizado como un ejemplo de un país donde el gobierno ha implementado una serie de políticas y mecanismos de apoyo al sector de la energía marina. Como resultado, se ha observado un desarrollo exitoso en el EMEC y un gran nivel de cooperación entre el gobierno y los desarrolladores privados de tecnología.

El informe culmina con una evaluación de las estrategias potenciales que el Gobierno chileno podría implementar para incentivar el sector de energía marina, y presentará diversas recomendaciones de política pública.

02 | Uso de energía marina para producción de electricidad

>> En esta sección, se realiza una revisión general de la literatura sobre el potencial de energía undimotriz y mareomotriz a nivel global, junto con una presentación con el estado del arte de dispositivos para la producción de electricidad usando estas fuentes, sus costos y su potencial para reducir los costos que tienen actualmente.

2.1 Potencial global de energía undimotriz y mareomotriz

Existen varios estudios y evaluaciones sobre el potencial disponible alrededor del mundo para la producción de energía mediante olas y corrientes marinas. Las fuentes de estos estudios son muy variadas (incluyendo la NASA (2006), Joao Cruz (2008), AVISO (2000)), pero a una escala global sus evaluaciones muestran que existe un enorme potencial de energía marina a ser desarrollado.

Las Figuras 1 y 2 muestran mapas mundiales para energía undimotriz y mareomotriz. Estos mapas fueron publicados por Ocean Energy Systems (2011) con datos de fuentes externas.

La Figura 1 muestra el promedio anual de energía undimotriz en kW/m. Este valor indica la energía distribuida en un frente de ola. El potencial mundial de energía de las olas se estima en 29.500 TWh/año (OES, 2011). Se puede apreciar el excelente recurso undimotriz en Chile, especialmente en las áreas central y sur.

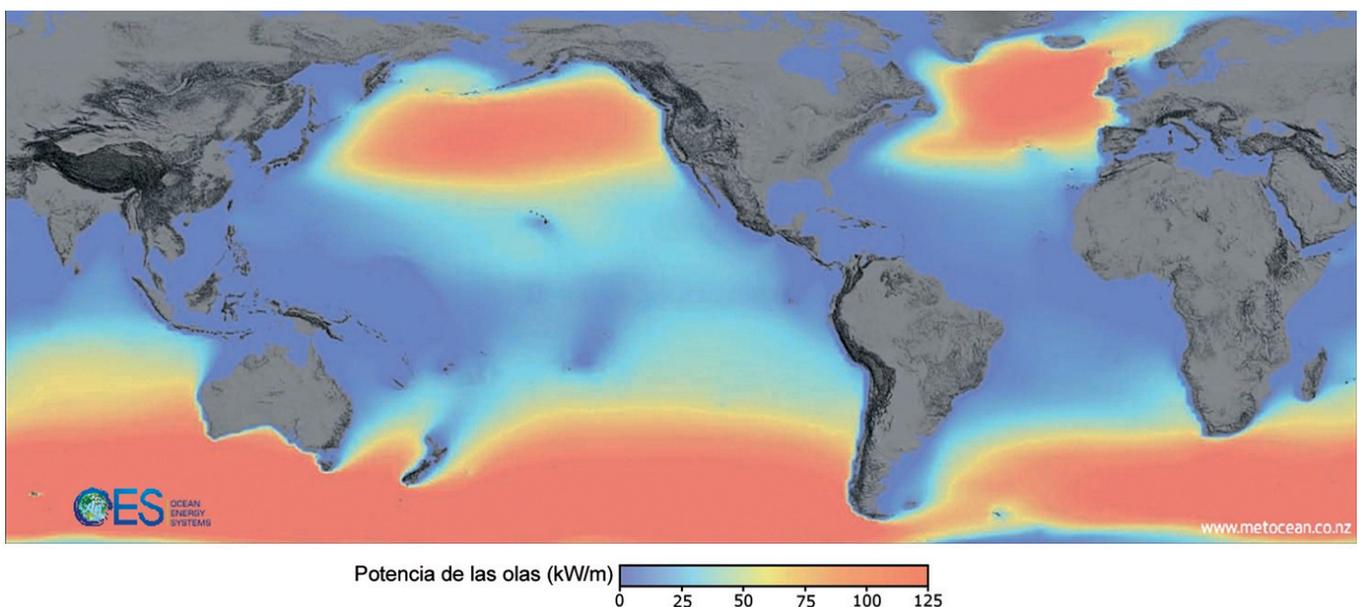


FIGURA 1: MAPA MUNDIAL DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ (OES, 2011).

Con respecto a la energía mareomotriz, la Figura 2 muestra un mapa global de la amplitud de mareas. La información mostrada es el patrón global de la componente de marea M2, que es el principal componente lunar semidiurno (OES, 2011), y representa alrededor del 60% de la amplitud total de las mareas (NASA, 2006).

El potencial mundial teórico para la energía de las mareas, tanto para amplitud como para corrientes de marea, se estima en alrededor 7.800 TWh/año (OES, 2011). Se debe notar que aunque a escala global el potencial en Chile parece ser limitado, existe un potencial significativo a ser desarrollado, particularmente en varias zonas específicas en el sur de Chile (ver Figura 9).

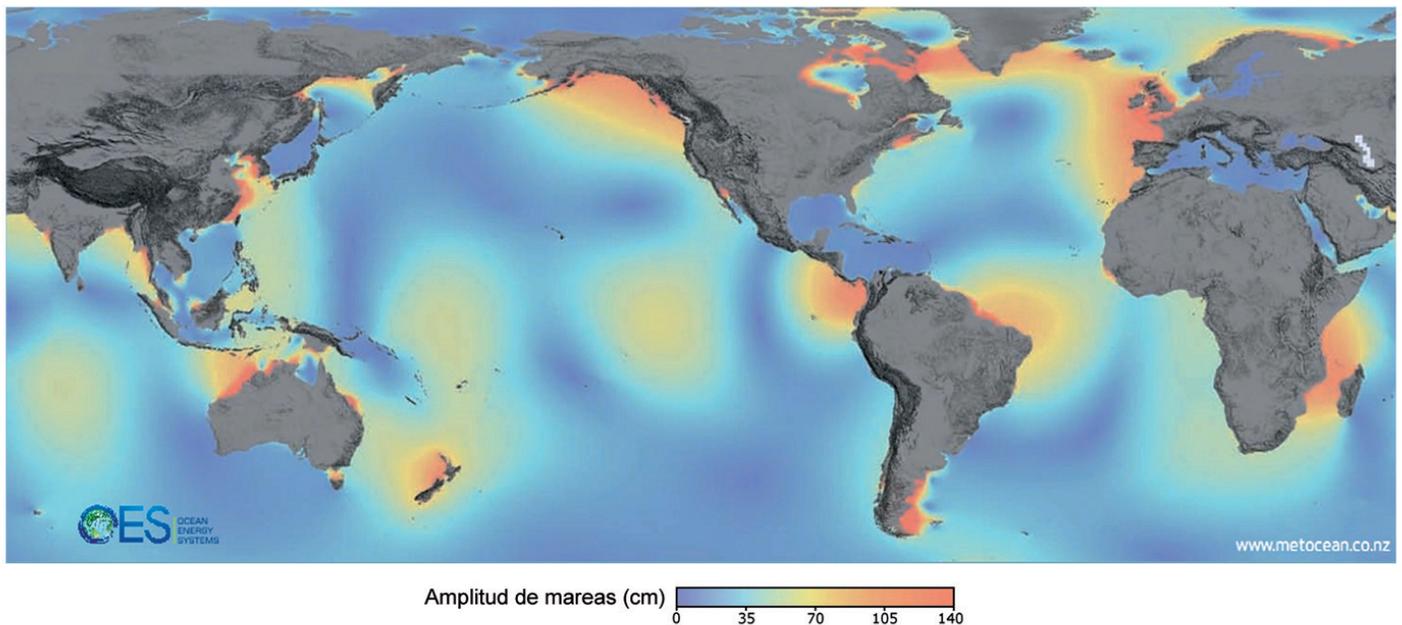


FIGURA 2: MAPA MUNDIAL DE AMPLITUD DE MAREA (OES, 2011).

Se puede observar de las figuras 1 y 2 que a escala global la energía mareomotriz muestra un menor potencial que la energía undimotriz. En Chile también se puede apreciar esta situación, siendo el potencial de energía de las olas significativamente mayor que el de energía de las mareas.

2.2 Visión general de tecnologías disponibles para convertir energía de las olas y mareas en electricidad

Esta sección proporciona una visión general de las tecnologías disponibles para convertir la energía de las olas y corrientes mareales en electricidad. Otras tecnologías como rango de mareas, conversión de energía termal del océano y tecnologías de gradiente de salinidad no están dentro del alcance de este estudio, por lo que no se incluyen.

Existe una cierta cantidad de conceptos de ingeniería para aprovechar la energía undimotriz; incluidas columnas de aguas oscilantes, aparatos que usan el desborde de agua, absorbedores puntuales, terminadores, atenuadores y estructuras flexibles. La energía mareomotriz exhibe menos variedad, con un número de prototipos diseñados basados en turbinas de eje horizontal, pero también se desarrollan rotores de eje vertical, hidrodreslizadores oscilantes y aparatos de efecto Venturi.

A continuación se muestra un desglose de diferentes tipos de tecnologías dentro del sector de energía marina en el diagrama de la Figura 3.

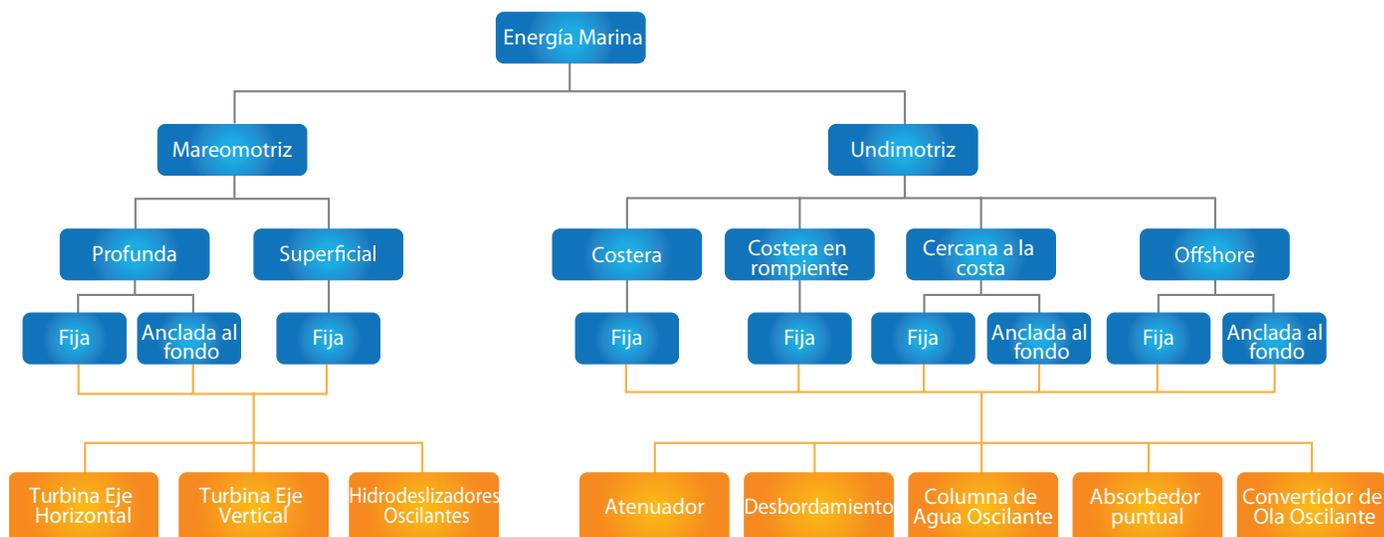


FIGURA 3: DEFINICIONES DE TECNOLOGÍAS DE ENERGÍA MARINA (ADAPTADO DE BOUD, R.)

La siguiente sección proporcionará una visión general y una explicación de la operación de los distintos tipos de conceptos de dispositivos undimotrices y mareomotrices junto con ejemplos de dispositivos que ya han sido desarrollados.

2.2.1 Tipos de dispositivos undimotrices

Dentro del sector de energía undimotriz existe una gran variedad de diseños, y en este momento no está claro si se llegará a un consenso de diseño en el futuro, como ha sucedido con los dispositivos mareomotrices. Los dispositivos propuestos o en desarrollo para captar energía de las olas se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- >> Atenuadores
- >> Dispositivos desbordantes
- >> Columnas de aguas oscilantes
- >> Absorbedores puntuales
- >> Convertidores de olas oscilantes

Todos estos tipos serán explicados brevemente a continuación.

Atenuador

Los aparatos atenuadores generalmente son estructuras largas que flotan en la dirección de las olas, que luego absorben las olas. Su movimiento puede ser selectivamente amortiguado para producir energía. Tiene una pequeña área perpendicular en comparación con un aparato terminador, de modo que el dispositivo pueda experimentar fuerzas reducidas.

Ejemplo:



Tecnología: Pelamis P2
Empresa: Pelamis Wave Power
Etapa: Disponible comercialmente
Potencia nominal: 0.75 MW
País de origen: Desarrollado en Reino Unido. Probado en UK y Portugal

© PELAMIS WAVE POWER

Desbordamiento

Los aparatos de desbordamiento son sistemas basados en las oleadas, y contienen una rampa sobre el cual las olas viajan hacia un reservorio de almacenamiento elevado. Esto crea una altura de agua en un reservorio que es liberada a través de turbinas hidroeléctricas de baja caída, a medida que el agua fluye de vuelta hacia el mar. Un aparato de desbordamiento puede utilizar brazos para concentrar la energía de las olas.

Ejemplo:



Tecnología: Wave Dragon (US DOE, 2009)
Empresa: Wave Dragon Ltd.
Etapa: Prototipo escala real
Potencia nominal: 11 MW
País de origen: Desarrollado y probado en Dinamarca

© WAVE DRAGON LTD.

Columna de Agua Oscilante (OWC)

Una OWC abarca un recolector sintonizado de resonancia parcialmente sumergido; abierto hacia el mar bajo la superficie del agua y que contiene aire retenido sobre una columna de agua. Esta columna de agua se mueve hacia arriba y hacia abajo con el movimiento de las olas actuando como un pistón, comprimiendo y descomprimiendo el aire. Este aire es conducido a una turbina de aire utilizando el flujo de aire a medida que es empujado hacia afuera y succionado de vuelta al colector. Una ventaja significativa de este tipo de tecnología es que se puede integrar en la costa, por ejemplo, incorporada en rompeolas existentes o recién construidos.

Ejemplo:



Tecnología: Limpet
Empresa: Voith Hydro Wavegen Ltd.
Etapas: Prototipo escala real y conectado a la red
Potencia nominal: 500 kW
País de origen: Desarrollado y probado en UK (Escocia)

© VOITH HYDRO WAVEGEN LTD.

Absorbedor puntual

Un absorbedor puntual es una estructura flotante que absorbe energía de todas las direcciones de la acción de las olas debido a su tamaño pequeño en comparación con la longitud de la onda. Este absorbedor puede ser diseñado para resonar con períodos de oleaje natural para maximizar la energía que puede captar. El sistema para generar energía puede adquirir varias formas, desde generadores hidráulicos hasta lineales.

Ejemplo:



Tecnología: Powerbuoy PB150
Empresa: Ocean Power Technologies
Etapas: Prototipo escala real
Potencia nominal: 150 KW, (de 500 kW en desarrollo)
País de origen: Desarrollado en EEUU y será probado en EMEC (UK, Escocia)

© OCEAN POWER TECHNOLOGIES

Convertidores de olas oscilantes (OWSC)

Un OWSC extrae energía del movimiento compensador en las olas. Generalmente son dispositivos anclados al lecho marino en sitios cerca de la costa. El dispositivo recolector es impulsado por la acción compensadora de las olas que da origen a un movimiento pendular que se convierte en energía útil.

Ejemplo:



Tecnología: Oyster 800
Empresa: Aquamarine Power
Etapas: Prototipo escala real
Potencia nominal: 800 kW
País de origen: Desarrollado y probado en UK

© AQUAMARINE POWER

2.2.2 Tipos de dispositivos mareomotrices

En los últimos años se han propuesto una serie de diferentes conceptos de tecnología para dispositivos convertidores de energía mareomotriz (TEC). Las diferencias principales entre los conceptos se relacionan con el método de asegurar la turbina en su lugar, la cantidad y orientación de hojas y rotores, y de qué manera se controla la inclinación de las hojas. Los dispositivos TEC son generalmente modulares y su objetivo es ser desplegados en "arreglos" para aplicación comercial a fin de obtener una producción de energía significativa (una aproximación similar a los proyectos eólicos en la costa y offshore). Los dispositivos mareomotrices propuestos o en desarrollo se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- >> Turbinas de eje horizontal
- >> Turbinas de eje vertical
- >> Hidrodeslizadores oscilantes

Turbina de eje horizontal

Estos dispositivos tienen dos o tres hojas montados en forma horizontal para formar un rotor; el movimiento cinético de la corriente de agua crea un empuje en las hojas lo que hace que el rotor gire impulsando un generador eléctrico.

Ejemplo:



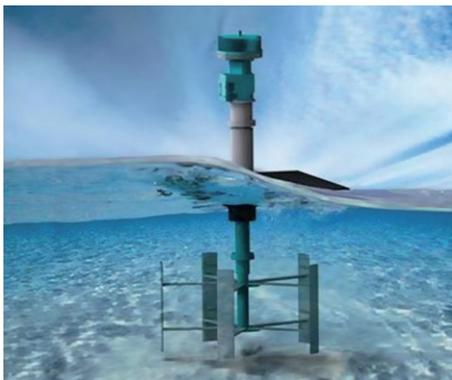
Tecnología: SeaGen Turbine
Empresa: Marine Current Turbines
Etapas: Escala comercial, dispositivo de 2a generación conectado a la red.
Potencia nominal: 1.2MW (Dispositivo en Strangford Lough)
País de origen: Desarrollado y probado en Irlanda, UK

© MARINE CURRENT TURBINES

Turbina de eje vertical

Estos aparatos generalmente tienen dos o tres hojas montadas a lo largo de un eje vertical para formar un rotor; el movimiento cinético de la corriente de agua crea un empuje en las hojas haciendo que el rotor gire impulsando un generador eléctrico.

Ejemplo:



Tecnología: EnCurrent (US DOE, 2009)
Empresa: New Energy Corporation Inc.
Etapas: Prototipo escala real
Potencia nominal: 5 kW, 10 kW, 25 kW (125 kW, 250 kW en desarrollo)
País de origen: Desarrollado y probado en Canadá

© NEW ENERGY CORPORATION, INC.

Hidrodeslizadores oscilantes

Este dispositivo funciona como ala de avión pero en un fluido; los sistemas de control cambian su ángulo en relación con la corriente de agua creando fuerzas de levantamiento y resistencia aerodinámica que crean oscilación del aparato; este movimiento típico de esta oscilación alimenta a un sistema de conversión de energía.

Ejemplo:



Tecnología: Pulse-Stream 100
Empresa: Pulse Tidal
Etapas: Prototipo escala real
Potencia nominal: 100 kW
País de origen: Desarrollado y probado en UK

© PULSE TIDAL

Dispositivos basados en efecto Venturi también están siendo desarrollados, pero actualmente presentan un nivel de desarrollo más bajo que las tecnologías recién presentadas.

2.2.3 Etapa de desarrollo de los dispositivos de energía marina

Todas las tecnologías presentadas, tanto de olas como de mareas, están en desarrollo y han sido implementadas sólo a nivel de prototipos. Algunas de estas tecnologías tienen un nivel mayor de desarrollo y ya se han instalado segundas generaciones (o posteriores) de éstas, refinando sus diseños y trabajando en el desarrollo de los primeros arreglos de dispositivos. La implementación de los dispositivos de segunda generación, incluyendo mejoras de diseño y montaje aprendidas de la experiencia obtenida con los prototipos de primera generación, es un importante paso para lograr disminuciones significativas en los costos.

Con diferentes tecnologías en distintas etapas de desarrollo, algunas están experimentando bajas significativas en sus costos lo cual representa una señal alentadora para el mercado.

Actualmente, debido a la etapa de desarrollo de los equipos de energía marina que están siendo desarrollados, es muy pronto para escoger una tecnología determinada para ser probada en algún sitio en Chile. Sin embargo, también es muy temprano para descartar cualquiera de ellas. Los aspectos técnicos de los distintos dispositivos están en continuo desarrollo, y si ellos van a ser instalados en Chile, es muy importante que éstos sean adaptados a las condiciones de Chile en términos de profundidad del mar, distancia a la costa, forma y cantidad de equipos por cada arreglo, etc.

Los dispositivos implementados hasta finales del 2011 han mostrado que actualmente no son competitivos en términos de costo de energía en comparación con otras fuentes de generación, como las provenientes de combustibles fósiles o tecnologías de energía renovable más desarrolladas. Uno de los principales desafíos para el sector de energía marina y los desarrolladores de tecnologías es reducir los costos para permitir que las tecnologías de energía marina sean competitivas en costos versus otras formas de generación de electricidad.

2.3 Centros de prueba para energía marina alrededor del mundo

En los últimos años el interés internacional y actividades de desarrollo en el sector de energía marina han crecido, y ahora más de una docena de países cuentan con políticas de incentivos específicas para este sector. Adicionalmente, un número considerable de centros de prueba a escala real de energía marina han sido establecidos en el Reino Unido, Europa continental y Norte América tal como se muestra a continuación. El actual estado emergente de estas tecnologías crea un margen considerable para su futuro desarrollo y para una reducción significativa de costos en el sector.

El establecimiento de estos centros ha sido un elemento crucial en el desarrollo de los distintos dispositivos, ya que estos centros han entregado la infraestructura necesaria para que los desarrolladores de tecnologías puedan realizar su investigación. Los centros de pruebas para dispositivos y desarrollo de tecnología son, según lo presentado por Mueller et al (2010):

- >> European Marine Energy Centre (EMEC), Centro Europeo de Energía Marina: inaugurado en 2004 en las Islas de Orkney, Escocia. En este centro se lleva a cabo una amplia investigación y pruebas a escala real para equipos de generación mediante olas y corrientes.
- >> The Northwest National Marine Renewable Energy Centre (NNMREC), Centro Nacional de Energía Renovable Marina del Noroeste: establecido en 2008 en la Universidad de Washington en Seattle, EE.UU. El objetivo de este centro es desarrollar todo tipo de capacidades para apoyar el desarrollo undimotriz y mareomotriz en Estados Unidos.
- >> The Hawaii National Marine Renewable Energy Centre (HINMREC), Centro Nacional de Energía Renovable Marina de Hawaii: este centro pertenece a la Universidad de Hawaii y su objetivo es acelerar el desarrollo y pruebas de tecnologías de conversión de energía térmica del océano. Este centro de pruebas no está relacionado con el propósito de este informe, pero se menciona como un ejemplo de un centro de pruebas activo.
- >> Fundy Ocean Research Centre for Energy (FORCE), Centro de Investigación del Océano para Energía de Fundy: este centro recibe fondos del gobierno canadiense, de la provincia de Nova Scotia, de Encana Corp y de los desarrolladores participantes. Está ubicado en la bahía de Fundy, Nova Scotia, Canadá, y su objetivo es desarrollar tecnologías mareomotrices.
- >> New and Renewable Energy Centre, Centro de Energías Nuevas y Renovables: el centro está ubicado en Blyth, al Noreste de Inglaterra, y su enfoque es acelerar la implementación y la integración a la red de tecnologías renovables y de generación de bajas emisiones de carbono, usando energía eólica, undimotriz, mareomotriz, solar fotovoltaica y termal.
- >> Wave Hub: ubicado en Cornwall, al Suroeste de Inglaterra, el principal objetivo de este centro es proporcionar una instalación off-shore para los arreglos de convertidores de energía undimotriz. La idea es que dispositivos que ya han sido probados en otras instalaciones como EMEC o en la bahía de Galway, por ejemplo, los desarrolladores puedan probar los arreglos de estos dispositivos en el Wave Hub.
- >> Marine Institute: ubicado en Galway, Irlanda, el objetivo de este instituto es apoyar la introducción de energía del océano (olas y corrientes) al portafolio renovable en Irlanda y desarrollar una industria de energía del océano irlandesa.
- >> Nissum Brending: ésta es una instalación off-shore ubicada en Limfjord, Dinamarca. El centro fue inaugurado el año 2000, y más de treinta plantas de generación undimotriz han sido probadas en él.
- >> Wave Power Project: este centro fue establecido en el año 2002 en Lysekil, Suecia, y su objetivo es verificar que las tecnologías básicas para la generación mediante olas sea exitosa, realizar pruebas de arreglos de boyas y obtener conocimiento de los impactos ambientales de las tecnologías probadas.

- >> Florida Atlantic University Center for Ocean Energy Technology, Centro de la Universidad Atlántica de Florida para Tecnologías de Energía del Océano: ubicada en el sur de Florida, EE.UU, este centro realiza investigación, pruebas, implementación y desarrollo de todas las tecnologías de energías del océano; corrientes oceánicas, termales, undimotriz y mareomotriz.
- >> New England Marine Renewable Energy Centre, Centro de Energía Renovable Marina de Nueva Inglaterra: ubicado en Massachusetts, EE.UU, el objetivo de este centro es desarrollar energía renovable basada en el océano (undimotriz, mareomotriz y eólica) a través de la investigación, desarrollo y demostraciones.
- >> Marine Energy Test Centre, Centro de Pruebas de Energía Marina: ubicado en Karmøy, Noruega,

este centro ofrece infraestructura y condiciones necesarias para la prueba a escala real de tecnologías de energía eólicas y undimotriz a distintas profundidades de agua. Este centro no está incluido por Mueller et al (2010) pero es también un ejemplo de un centro de pruebas activo.

Estos centros de investigación y pruebas juegan un rol muy importante en la reducción de los costos de prototipos y dispositivos en etapas tempranas, ya que son medios para desarrollar diferentes tecnologías y mejorar su eficiencia y confiabilidad, acelerando el proceso de "aprender haciendo".

En la siguiente sección se realiza una revisión del nivel de costos de los dispositivos.

2.4 Costos y potencial de reducción de costos para diferentes tecnologías

Tal como fue presentado en la sección 2.2, una serie de tecnologías que utilizan las olas y las mareas para la generación de electricidad están en desarrollo. Sin embargo, el costo de la energía producida actualmente por ellas no es competitivo en comparación con otras tecnologías de generación de energía. Como un ejemplo de esto, la Agencia Internacional de Energía presenta - en su publicación llamada World Energy Outlook, 2009 - que los costos de generación de energía undimotriz y mareomotriz está en el rango de 2 a 4 veces los costos de generación de energía hidroeléctrica. Según los autores de este informe, esta estimación puede ser incluso optimista.

Los costos de inversión de tecnologías de energía renovable se espera que disminuirán con el tiempo, especialmente aquellos que no han alcanzado aún un nivel desarrollo a escala comercial, como las tecnologías undimotrices y mareomotrices. Esta reducción se espera que ocurra debido al aprendizaje del sector en la medida que se realicen mayores implementaciones, donde la reducción de los costos habrá sido, y será alcanzada a través de la innovación e investigación, como también mediante el "aprender haciendo".

Una mayor implementación de proyectos acelera el avance tecnológico y proporciona economías de escala

en la fabricación de equipos, lo cual se traduce en una disminución en los costos. En alcance de la disminución de los costos depende de la madurez de la tecnología y de la caída de los costos unitarios de inversión resultando en una disminución más o menos proporcional en los costos de generación de energía.

La IEA (2009) muestra que las tecnologías de energía de las olas y de corrientes son actualmente una de las más caras en comparación con tecnologías convencionales basadas en combustibles fósiles u otras formas de energía renovable. Sin embargo, la disminución de los costos prevista por la IEA es muy significativa, tanto en inversión como en costos de generación, llegando a costos comparables con otras tecnologías de energía renovable en el mediano plazo.

También se debe considerar que la reducción de los costos para las tecnologías maduras, como la energía hidroeléctrica, es pequeña y marginal, no así para la energía undimotriz y mareomotriz en que la reducción de los costos es muy significativa (IEA, 2009).

Como muestran estudios disponibles, tomando en cuenta costos de inversión y O&M anual, la energía undimotriz es más cara que la mareomotriz. Esto se muestra en la Tabla 1, la cual muestra los costos disponibles y parámetros de rendimiento para estos tipos de tecnología.

Tecnología de Energía Marina	Costos de Inversión (USD ₂₀₀₅ /kW)	Costos de O&M anuales (USD ₂₀₀₅ /kW)	Factor de Planta (%)	Vida útil (años)
Undimotriz	6,200-16,100	180	25-40	20
Mareomotriz	5,400-14,300	140	26-40	20

Tabla 1: RESUMEN COSTOS BÁSICOS DISPONIBLES Y PARÁMETROS DE RENDIMIENTO PARA SUBTIPOS DE TECNOLOGÍAS DE ENERGÍAS MARINAS (IPCC, 2011). ESTA TABLA HA OMITIDO CIERTA INFORMACIÓN DE LA TABLA ORIGINAL.

Cuando se invierte en el desarrollo en tecnologías de energía marina para aumentar la confiabilidad y el rendimiento y disminuir los costos, es importante equilibrar entre ensayos de demostración –tanto aparatos aislados como arreglos de ellos– de los prototipos de dispositivos undimotrices y mareomotrices más avanzados, e investigar además sobre diseños y componentes más radicales pero menos desarrollados. Para un desarrollo eficaz, el sector marino necesita abordar nuevos conceptos como también mejoras con respecto a diseños existentes.

En la práctica esto significa considerar un cuidadoso equilibrio entre medidas de fomento a las tecnologías (technology push) y de demanda de mercado (market pull). Carbon Trust (2011) ha sugerido tasas de aprendizaje a largo plazo para energía de olas y mareas de aproximadamente 10% para ambas tecnologías, pero ha destacado la importancia de aprovechar las mejoras de avances “paso a paso” como también del “aprender haciendo”. Las curvas de costo proyectadas de Carbon Trust se muestran en la Figura 4 a continuación.

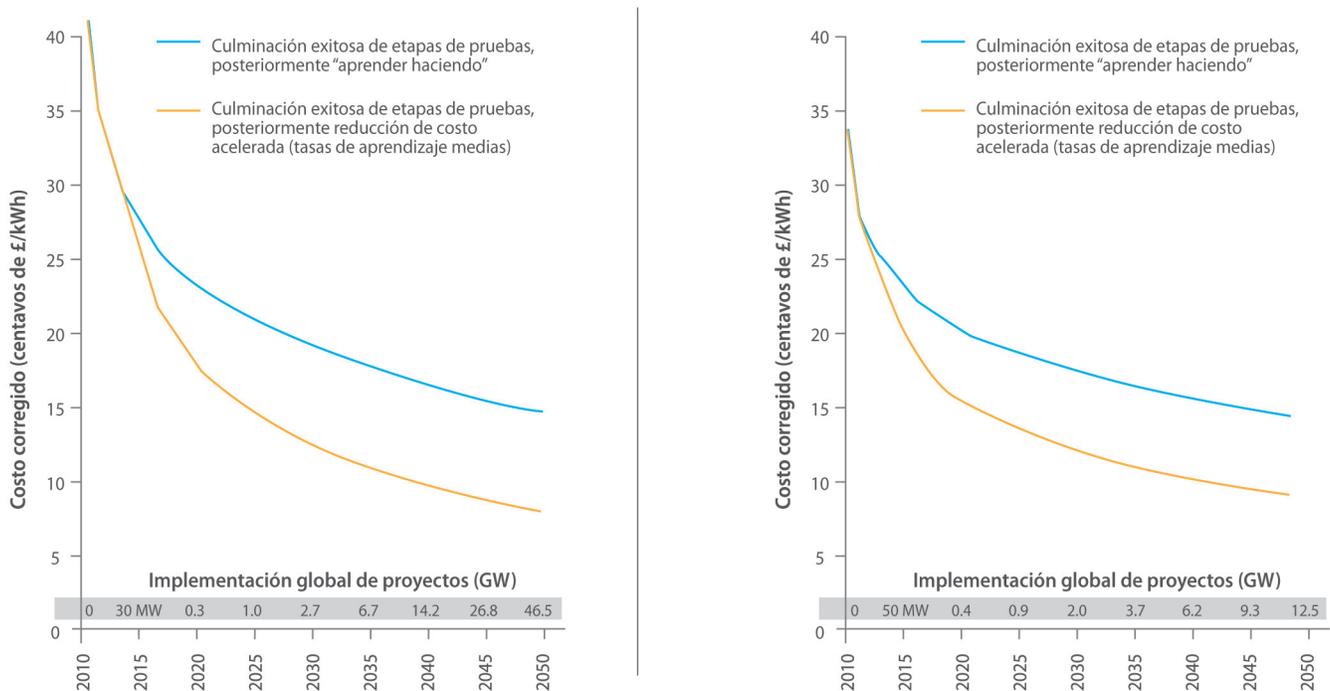


Figura 4: CURVA DE REDUCCIÓN DE COSTOS PROYECTADA PARA LOS SECTORES DE ENERGÍA MAREOMOTRIZ (IZQUIERDA) Y UNDIMOTRIZ (DERECHA) BAJO UN ESCENARIO NORMAL Y UN ESCENARIO DE REDUCCIÓN DE COSTOS ACELERADO A TRAVÉS DE LA INNOVACIÓN. (CARBON TRUST, 2011).

Es importante clarificar de la Figura 4 que las tasas de aprendizaje y la proyección de reducción de costos sólo será alcanzada si las implementaciones de proyectos undimotrices y mareomotrices son significativas. A lo largo del eje horizontal de la Figura 4, están destacadas las implementaciones globales (en GW) para tecnologías mareomotriz y undimotriz, las cuales serán requeridas para hacer efectivas las reducciones de costos mostradas en los gráficos.

Las reducciones en los costos no serán logradas a menos que exista una serie de proyectos implementados a costos más altos a fin de facilitar el aprendizaje y las economías de escala para llevar los costos a la baja.

Un ejemplo real de reducción costos en el sector es ilustrado por el caso de Aquamarine Power. Aquamarine Power es una compañía de tecnología del Reino Unido que ha desarrollado el Oyster, dispositivo presentado anteriormente que produce electricidad a partir de la energía de las olas.

La primera generación de este producto, denominado Oyster 1 estuvo en funcionamiento durante los inviernos de 2009-2010 y 2010-2011, y su costo de inversión fue más de £mill 35 por MW, según lo mostrado en la Figura 5. Sin embargo, el costo de la segunda generación de

este equipo estuvo bajo los £mill 10 por MW, es decir, una reducción de precio de más del 60%. La proyección de costo para las próximas generaciones se muestra en la Figura 6.

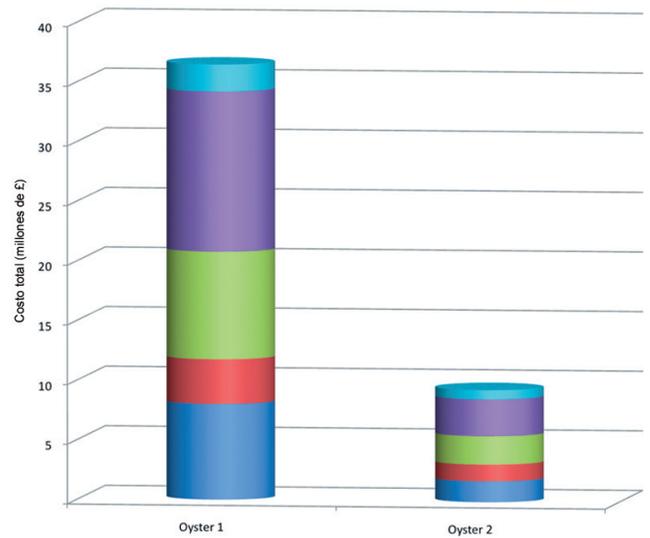


FIGURA 5: PROYECCIÓN DE REDUCCIÓN DE COSTOS DEL OYSTER ENTRE LA PRIMERA Y SEGUNDA GENERACIÓN. AQUAMARINE POWER (2011).

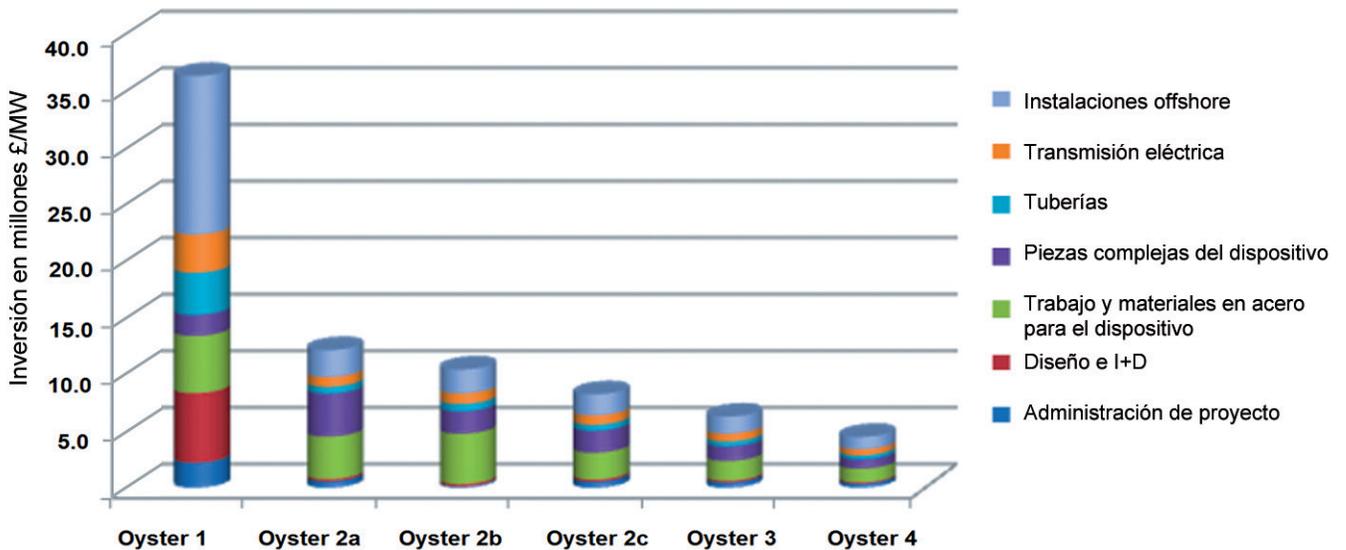


FIGURE 6: PROYECCIÓN DE REDUCCIÓN DE COSTOS DEL OYSTER PARA FUTURES GENERACIONES. AQUAMARINE POWER (2011).

La reducción de costos para el Oyster de Aquamarine es un ejemplo interesante para analizar y presenta una clara visión de cómo los costos pueden ser reducidos conforme los dispositivos avanzan a etapas de desarrollo posteriores.

La primera generación del Oyster utilizó cuatro pilotes con el propósito de fijarlo al fondo marino, su estructura completa fue hecha de acero y fue transportado en una nave especial para ser instalado, la que fue equipada con grúas y un sistema de ensamblaje muy sofisticado. (Aquamarine Power, 2011). Sin embargo, la segunda generación utilizó sólo dos pilotes (en vez de cuatro) para fijarlo al fondo marino, tenía un diseño hidrodinámico mejorado y fue instalado utilizando barcos normales, como remolcadores utilizados comúnmente. Estos cambios pueden explicar una parte importante de la reducción de costo. (Aquamarine Power, 2011)

Para la próxima generación, Aquamarine Power está evaluando más cambios al concepto del Oyster, utilizando sólo un pilote y comenzando a utilizar materiales más livianos y baratos que el acero.

Se prevé que todos estos cambios y optimizaciones del dispositivo causen una reducción de costo importante, y se espera que esta misma situación ocurra en la industria, donde todos los desarrolladores de dispositivos están avanzando en sus dispositivos y reduciendo los costos.

Es importante destacar que actualmente todos estos dispositivos de energía marina se están produciendo a escala de prototipo, por ello aún no hay una producción en serie ni una cadena de suministro definida para esta industria específica. Cuando se logre la producción industrial permanente a gran escala, los costos deberían también reducirse para las piezas especiales que utilizan estos aparatos.

En la actualidad, aún no es posible implementar un arreglo a gran escala de dispositivos de generación de energía de las olas o mareas que puedan entregar energía a un costo competitivo. Sin embargo, las señales observadas de los desarrolladores en reducción de costos son una muestra fuerte y clara de que el mercado está madurando y se está desarrollando a alta velocidad, lo que hace que el futuro de la energía marina se vea promisorio.



03 | Situación actual chilena; recursos disponibles y actividad actual

>> En el sector de energía marina es ampliamente sabido que Chile tiene un potencial interesante para desarrollos futuros; se han realizado varios estudios y mapas globales de potencial, y todos ellos muestran el excelente potencial que Chile tiene a lo largo de toda su costa.

Esta sección muestra una visión general de algunos estudios realizados sobre el potencial de la costa chilena, junto con la actividad general que este sector está teniendo actualmente en el país.

3.1 Potencial de energía undimotriz y mareomotriz en Chile

En las Figuras 1 y 2 se mostraron mapas globales de energía de las olas y de mareas, respectivamente. Éstas fueron obtenidas de fuentes generales y ampliamente conocidas; las cuales muestran que a escala global la energía de las olas es muy alta a lo largo de toda la costa chilena, y que la energía de las mareas no es tan elevada en Chile, pero a una escala más pequeña existen posibilidades para desarrollar este tipo de energía.

En esta sección se realiza una revisión del potencial para estas dos fuentes de energía a lo largo de la costa chilena. No se realizarán cálculos de potencial, sino que sólo se presentarán referencias a estudios existentes.

3.1.1 Energía undimotriz

Como se señaló anteriormente, existen varios estudios y evaluaciones a escala mundial que muestran un gran potencial a lo largo de la costa chilena, pero para el presente informe tres estudios se consideran muy relevantes porque evalúan el potencial de energía undimotriz a ser desarrollado en Chile. Estos estudios son los publicados por Monárdez, Acuña y Scott (2008), Garrad Hassan (2009) y Zimmer (2011).

El estudio de Monárdez, Acuña y Scott (2008) se basa en un modelo 2D de espectro de oleaje tipo hindcast de largo plazo (20 años) del Océano Pacífico completo cada 3 horas. El estudio se validó con 22 estaciones de medición de oleaje del SHOA (Servicio Hidrológico y Oceanográfico de la Armada de Chile), datos del NOAA (North American Atmospheric Administration Office) y mediciones satelitales de Topex y Poseidon. El estudio también incluye comparaciones generales entre las condiciones en Chile y en el Reino Unido.

En general, el estudio demuestra que la energía undimotriz en Chile tiene varios beneficios para la producción de energía comparado con la costa noreste del Reino Unido, una de los sitios con mayor recurso undimotriz del mundo, y donde se realiza la mayor parte de investigación y desarrollo de dispositivos del mundo.

Las conclusiones principales de este estudio son:

- >> La energía undimotriz a lo largo de la costa chilena aumenta exponencialmente de norte a sur, y se encuentra en el rango de 25 kW/m en el norte hasta cerca de 110 kW/m en el sur.
- >> La variación estacional de energía undimotriz es muy baja en comparación con el Reino Unido (menos del 6%).
- >> El factor de planta de las centrales en Chile podría ser mucho mayor que en otros lugares alrededor del mundo, esto debido a la baja variabilidad a lo largo del año. Se estiman valores cercanos al 50%, mientras que en otras partes del mundo el factor de planta está en el rango del 30% (Aquamarine, 2011).
- >> La energía undimotriz es mayor que 5 kW/m por lo menos el 95% del tiempo (basado en datos de 20 años del modelo hindcast).

Se debe notar que como regla general el recurso mínimo de energía undimotriz considerado técnicamente factible para generar electricidad es 5 kW/m (Dennis, 2005), esto significaría que toda la costa chilena tiene suficiente recurso para generar electricidad.

Como resumen, se puede decir que las condiciones naturales para que Chile desarrolle la energía undimotriz es excelente, y en diversas formas aún mejor que las condiciones en el Reino Unido o en otras partes del mundo donde se está desarrollando esta tecnología.

El estudio de Garrad Hassan (2009) basa su evaluación de potencial en un estudio realizado por Baird & Associates para el SHOA. Se debe notar que los autores del estudio presentado recientemente (Monárdez, Acuña y Scott) trabajan para Baird & Associates, y el estudio en el cual Garrad Hassan (2009) basa su análisis es una versión anterior del estudio descrito anteriormente.

La diferencia principal entre los estudios de Baird (2008) y Garrad Hassan (2009) es la forma de la distribución de energía que ambos muestran. Baird (2008) muestra una distribución exponencial de energía a lo largo de la costa chilena, mientras que el estudio de Garrad Hassan muestra una distribución lineal, la cual es mayor en el sur que en el norte de Chile. Ambas distribuciones se pueden apreciar en la Figura 7.

En ambos estudios se menciona que la energía undimotriz es suficiente para instalar aparatos de generación de electricidad a lo largo de toda costa chilena, así que para el propósito de este estudio no existe mucha diferencia, porque en ambos casos la energía undimotriz en Chile demuestra ser muy alta y tener un potencial promisorio para el desarrollo.

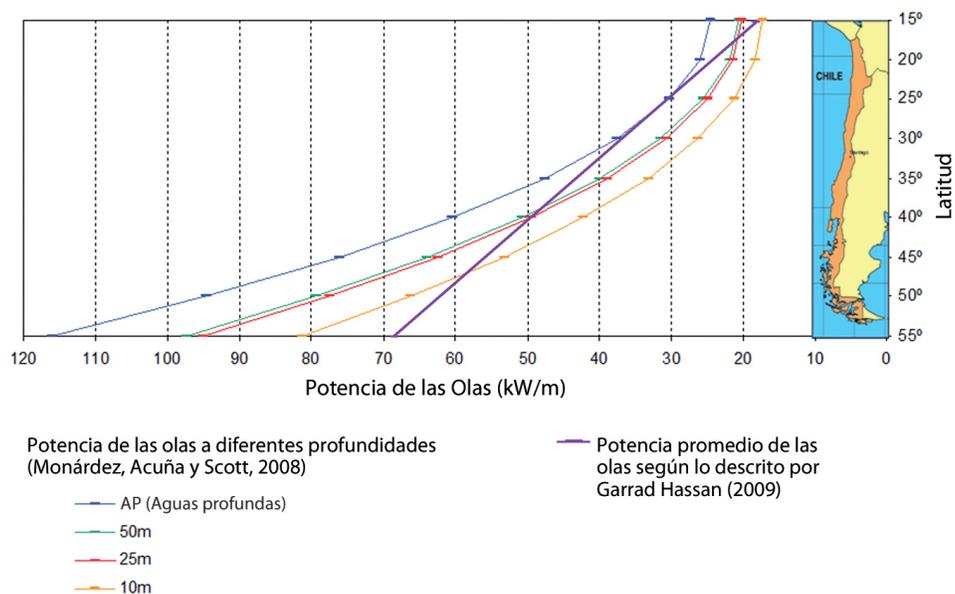


FIGURA 7: DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ A LO LARGO DE LA COSTA CHILENA EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DEL AGUA (MONÁRDEZ, ACUÑA & SCOTT, 2008) Y ENERGÍA UNDIMOTRIZ PROMEDIO SEGÚN LO DESCRITO POR GARRAD HASSAN (2009).

El estudio de Monárdez, Acuña y Zimmer (2011) consiste en el desarrollo de un mapa de energía undimotriz continuo de Chile central, basado en un modelo hindcast de 30 años de espectro 2D de olas cada 3 horas, validado con 30 estaciones de medición en aguas de profundidad intermedia (entre 10 y 25 m) a lo largo del país. Este estudio es único en su metodología ya que propaga espectros de energía de olas en 2D a aguas intermedias usando modelos lineales.

Esta evaluación fue preparada por Baird & Associates para Endesa el año 2010. Los resultados completos del proyecto no están disponibles, aunque una publicación del trabajo fue presentada en un seminario local en Chile (SOCHID 2011). Se espera contar con una publicación en inglés en la 4º conferencia Internacional de Energía Oceánica.

Básicamente, este último estudio confirma los resultados principales de la primera evaluación realizada por Monárdez, Acuña y Scott (2008).

3.1.2 Energía mareomotriz

Con respecto a energía mareomotriz, Chile tiene un potencial lo suficientemente alto para ser desarrollado, pero en un grado menor a la energía undimotriz.

La energía mareomotriz está más relacionada a sitios específicos donde las mareas, con sus altos volúmenes de agua, son conducidas por estrechos o canales a altas velocidades de flujo.

En la Figura 2 se mostró un mapa global de potencial mareomotriz, donde Chile no fue identificado como una zona promisoría. Sin embargo, la Figura 8 muestra que a una escala más local existen zonas en el sur de Chile (desde los 40º de latitud hacia el sur) donde las velocidades de las mareas son mayores, y podrían ser aprovechadas para la producción de energía mareomotriz.

La Figura 8 muestra un mapa de velocidades promedio de mareas en los canales alrededor de la isla de Chiloé. Se puede observar que el canal de Chacao, en el extremo norte de la isla es un lugar muy interesante donde la velocidad promedio de las mareas es muy alta, por lo que puede ser útil evaluar el potencial de esta área en mayor detalle. Además, todas las áreas que se muestran en amarillo y rojo en la Figura 8 puede valer la pena estudiarlas en detalle; esto sería en el extremo norte de la isla y en varias áreas en el sur este de la isla. En algunos de los canales al sur de la isla principal de Chiloé puede haber otros lugares con suficiente potencial, pero éstas deberán ser estudiadas en una escala más local.

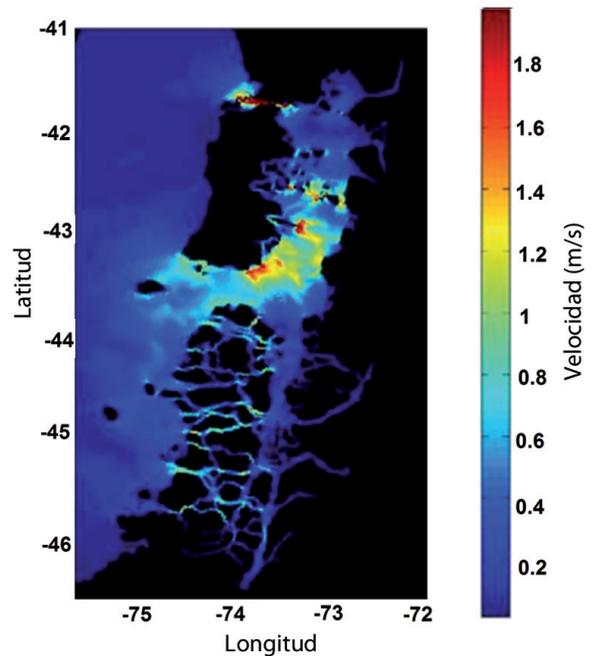


FIGURA 8: MAPA DE VELOCIDAD DE LAS MAREAS, POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA MAREOMOTRIZ EN EL SUR DE CHILE, ALREDEDOR DE LA ISLA DE CHILOÉ (MAPA PRODUCIDO POR AIKEN, 2008 Y TOMADO DE GARRAD HASSAN, 2009).

Vale la pena observar que las áreas donde la velocidad del flujo máximo excede 3 m/s son consideradas excelentes para desarrollo de energía mareomotriz, áreas donde la velocidad es mayor a 2 m/s son consideradas buenas y aquéllas con flujos mayores a 1,8 m/s son consideradas interesantes para investigación (Garrad Hassan, 2009). Estas cifras son complementadas por Northwest Marine Renewable Energy Center de la Universidad de Washington en el gráfico que se muestra en la Figura 9.

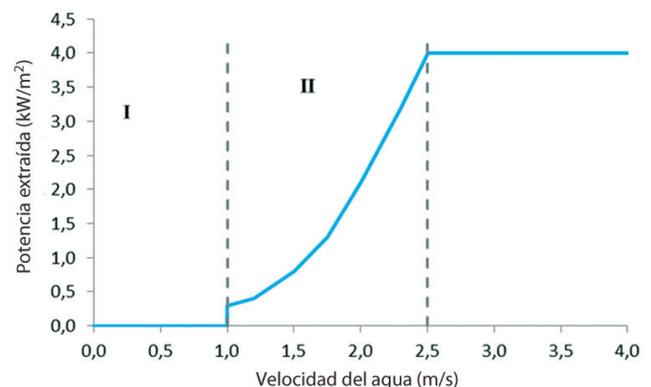


FIGURA 9: CURVA REPRESENTATIVA DE LA POTENCIA DE UNA TURBINA, GRÁFICO QUE MUESTRA LA RELACIÓN ENTRE LA VELOCIDAD DEL AGUA EN LAS MAREAS Y LA POTENCIA EXTRAÍDA. LA I REGIÓN ESTÁ DEBAJO DE LA VELOCIDAD DE CORTE Y LA TURBINA NO GENERA. EN LA II REGIÓN LA POTENCIA SE EXTRAEE EN FORMA PROPORCIONAL AL INCIDENTE DE ENERGÍA CINÉTICA EN EL ÁREA DE BARRIDO DEL ROTOR. LA III REGIÓN ESTÁ SOBRE LA VELOCIDAD NOMINAL Y LA EXTRACCIÓN DE POTENCIA ES CONSTANTE. (NNMREC, UNIVERSIDAD DE WASHINGTON)

La Figura 10 muestra los resultados de un modelo numérico que fue desarrollado con el objetivo de estudiar el potencial del Canal de Chacao para desarrollar energía mareomotriz. Este estudio fue desarrollado por Herrera et al (2010), y refuerza que hay un gran potencial a ser desarrollado en el Canal, donde la densidad de energía en la mayor parte de las zonas es mayor a 10 kW/m².

Al considerar los resultados de este modelo numérico y la curva típica de una turbina de la Figura 9, se puede decir que prácticamente todo el Canal de Chacao es un lugar promisorio para desarrollar la energía mareomotriz.

Junto con el Canal de Chacao, existen otras zonas específicas en Chile donde es sabido que la energía mareomotriz tiene un gran potencial, y donde este tipo de energía podría llevarse a cabo. Esto es en el Estrecho de Magallanes, en el extremo sur de Chile (Garrad Hassan, 2009) donde existen desarrollo de proyectos en el corto plazo.

No existen estudios exhaustivos sobre el Estrecho de Magallanes como en el caso del Canal de Chacao, por lo que no existen resultados o simulaciones de la cantidad de energía que podría ser extraída. Sin embargo, este Estrecho es considerado una importante y factible ubicación para el desarrollo de energía mareomotriz por Garrad Hassan (2009).

Esta sección ha presentado que la energía mareomotriz en Chile no está tan ampliamente disponible como la energía undimotriz, pero aún así es una fuente energética altamente disponible para ser desarrollada en algunas zonas.

3.2 Actividad actual y estudios en curso en Chile

Actualmente existen algunos estudios en curso y mediciones del potencial para energía undimotriz y mareomotriz, éstos son desarrollados por el Instituto Nacional de Hidráulica (INH) e HydroChile, una compañía privada en cooperación con la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Aunque existe información disponible sobre el recurso de producción de energía utilizando energía de olas y mareas en Chile, sólo unos pocos estudios han sido

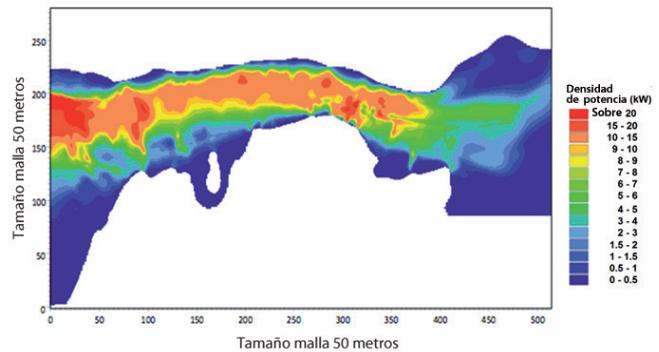


FIGURA 10: DENSIDAD DE POTENCIA EN EL CANAL DE CHACAO (HERRERA ET AL., 2010)

desarrollados, y todos ellos se han basado en simulaciones y modelos, aunque con calibración y validación de datos medidos insitu.

Las principales fuentes de información sobre el recurso en Chile son los estudios ya presentados, lo cuales han sido complementados con información que el SHOA genera permanentemente de su sistema de monitoreo mediante boyas y que tienen instalado a lo largo de la costa chilena. La información del sistema del SHOA puede ser obtenida de ellos, aunque se debe considerar que el principal objetivo de esta institución es desarrollar cartas de navegación, de esta forma la información que ellos generan es útil para ser considerada en la evaluación del potencial de energía, pero no es información específicamente generada para este propósito.

Debido a esto, la bibliografía disponible es más bien limitada y no ha sido ampliamente verificada con mediciones in-situ del recurso, con la excepción de los estudios realizados por Baird & Associates. Sin embargo, los estudios en curso se centran en evaluar el recurso directamente con mediciones, las que proporcionarán información muy importante para el desarrollo de proyectos de producción de energía utilizando energía marina.

Ambos estudios presentados a continuación han sido financiados por organismos del Gobierno (Corfo y Fondef) junto con compañías privadas.

A continuación se proporciona una breve descripción de los estudios en curso.

3.2.1 Estudio undimotriz.

Innova Corfo – Instituto Nacional de Hidráulica (INH, 2011)

Este estudio es financiado por Corfo, a través de su fondo de innovación y transferencia tecnológica (Innova Chile). El monto entregado por Corfo fue de alrededor de MM\$740 (£925,000 aproximadamente).

El estudio está siendo liderado por el INH con la cooperación de un importante número de Universidades y compañías privadas, para lo cual se ha establecido una alianza estratégica.

Este estudio es un Catastro del Recurso Energético Asociado a Oleaje para Apoyo a la Evaluación de Proyectos de Generación de Energía Undimotriz, y su objetivo principal es obtener una evaluación del recurso undimotriz, campañas en terreno a largo plazo y modelos numéricos calibrados en diversas zonas del océano chileno.

Los objetivos específicos son generar información relevante que permita la producción de mapas energéticos en lugares específicos, que determine parámetros geospaciales relevantes, mejorar las normas medioambientales y generar herramientas para poder evaluar – desde un punto de vista técnico y económico – la instalación de dispositivos que produzcan electricidad a partir de la energía undimotriz. Junto con esto, el INH busca generar capacidad técnica y humana que permita expandir estos estudios a otras zonas, y mantener además los sistemas de monitoreo a largo plazo. (INH, 2011)

Con el fin de cumplir estos objetivos, se instalarán boyas para medir propiedades de las olas y se trabajará en su monitoreo. Además se empezará a conformar un grupo de personal técnico que dirigirá este desarrollo a largo plazo.

Los resultados de este estudio estarán disponibles para el público en el año 2016.

3.2.2 Estudio mareomotriz.

Fondef – HydroChile y Pontificia Universidad Católica de Chile (Cienfuegos, 2011)

Este estudio es financiado por Fondef, el fondo del Gobierno para promocionar el desarrollo científico y tecnológico, a través de su fondo pre-competitivo de I+D, el cual es un fondo para investigación y desarrollo de distintas tecnologías que no son lo suficientemente maduras como para alcanzar precios competitivos en sus mercados. El monto aportado por Fondef fue de alrededor de MM\$390 (£490,000 aprox.).

El estudio se denomina Evaluación del Recurso Energético Asociado a Corrientes Mareales para la Selección e Implementación de Dispositivos de Recuperación de Energía. Este estudio fue adjudicado a HydroChile, que se ha formado un equipo con la Universidad (PUC) para todos los estudios técnicos, junto con otros colaboradores.

Los objetivos del estudio descrito por Cienfuegos (2011) son:

- >> Realizar estudios batimétricos, necesarios para proyectos de olas y mareas, para obtener ciertos conocimientos del lecho marino y caracterizar las mareas en el área del Canal de Chacao. Todo esto con el objetivo de definir zonas específicas donde se podrían instalar y operar los primeros dispositivos de prueba para convertir energía mareomotriz en electricidad en Chile.
- >> Combinar mediciones en terreno con modelación numérica para reducir la incertidumbre con respecto al recurso energético disponible y utilizable en el Canal de Chacao.
- >> Realizar modelación avanzada de las interacciones de dispositivos mareomotrices.

Una vez terminado el estudio, será posible cuantificar el efecto de los dispositivos sobre la hidrodinámica del Canal, generar parametrizaciones que puedan utilizarse en modelos a gran escala y avanzar hacia el desarrollo de herramientas que permitan el diseño preliminar de arreglos de dispositivos, considerando ubicación y distribución óptima.

Los resultados de este estudio estarán disponibles para el público en el año 2016.



04 | Impactos ambientales y socio-económicos de la energía marina



>> En casi todos los países del mundo el reducir emisiones de CO₂, aumentar la seguridad energética y utilizar los recursos naturales de manera sustentable son objetivos principales en estos tiempos. Sin embargo, es necesario evaluar y tratar de medir los impactos económicos, sociales y ambientales que el desarrollo de una nueva tecnología que ayudaría a reducir emisiones, como el desarrollo de energía marina, produciría. En esta sección se realiza una revisión de dichos aspectos.

4.1 Impactos ambientales

Actualmente, el desarrollo de energía marina alrededor del mundo está aún en una etapa de proyectos piloto, con pequeña presencia de aparatos bajo operación comercial. Debido a esto, aún no hay experiencia o certeza sobre los efectos que diferentes aparatos tienen sobre el ambiente marino, éste es el objeto de varias investigaciones en curso y amerita un interés importante en el futuro. Sin embargo, la naturaleza progresiva e incremental del desarrollo del sector (primero prototipos, después arreglos pequeños, después arreglos más grandes, etc...) significa que se presta muy bien para un enfoque de administración adaptativa.

En Chile hay una serie de proyectos y actividades que trabajan con el fondo marino y lo modifican con fines industriales –como las pequeñas operaciones de gas y petróleo, pesqueras o puertos- pero aunque exista este conocimiento todavía no es posible determinar por adelantado qué efectos tendrá el desarrollo de energía marina sobre el borde costero o el lecho marino.

Sin embargo, existen algunos estudios que permiten obtener una visión general del impacto a afrontar. Uno de esos estudios fue desarrollado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2011) e incluye detalles de los efectos potenciales de los dispositivos en el medio ambiente.

Entre los aspectos considerados en el estudio IPCC (2011) se incluye lo siguiente.

>> Energía undimotriz

- Emisión de ruidos, vibraciones (especialmente durante la construcción y puesta en marcha) y campos electromagnéticos que podrían afectar la fauna marina. Los impactos específicos se relacionan con los sistemas de comunicación de los animales que usan sonidos y vibraciones para su navegación y localización de alimentos.
- Efectos negativos sobre la biota; habitantes y/o calidad del agua por potenciales filtraciones y contaminación.
- Filtraciones químicas debido a abrasión (de pintura y químicos anti-suciedad) también son efectos potenciales.
- El impacto visual de los dispositivos undimotrices posiblemente sea despreciable

>> Energía mareomotriz

- Los posibles impactos ambientales seguramente serán menores que en el caso de la energía undimotriz ya que los dispositivos mareomotrices se instalan en zonas de ambientes energéticos con grandes flujos de agua, los que tienen poca diversidad y abundancia de especies marinas.
- Aunque las tecnologías de mareas tengan piezas móviles (aspas que rotan o hidrodreslizadores oscilantes) que puedan dañar el ambiente marino, no hay evidencia hasta la fecha de daños que dispositivos mareomotrices causen a animales como ballenas, delfines, focas o tiburones. Esto puede deberse en parte al poco tiempo y cantidad de dispositivos en operación, pero también puede deberse a la baja velocidad de rotación de los rotores o aspas (relativa a la velocidad de escape de los animales) comparada a las velocidades de propulsión de barcos.

4.2 Impactos económicos y sociales

El impacto del desarrollo de la industria marina en la sociedad puede ser estudiado desde distintos puntos de vista, siendo el punto de vista económico uno muy importante.

Se pueden observar importantes impactos económicos en la creación de una industria que suministre productos (partes, piezas y suministros generales) y servicios (alojamiento, transporte, arriendo de barcos) para la industria de energía marina.

Uno de los impactos económicos más significativos en este sentido es también social, ya que está relacionado con el empleo, donde la creación de puestos de trabajo proporciona un impacto muy positivo a la sociedad.

Junto con empleo, existe otro impacto relacionado con el desarrollo de conocimiento y experiencia práctica en operaciones específicas que pueden ser exportados. Por ejemplo, el desarrollo de tecnología en Islas de Orkney (Escocia) ha traído el desarrollo de unidades de investigación en varias universidades en el Reino Unido. En el Anexo 1 se incluye una explicación más amplia de esta situación, sin embargo, se puede observar que junto con el impacto económico existe un elemento de creación de conocimiento que se puede considerar también un impacto social importante.

4.2.1 Cadena de suministro de la energía marina

La industria de suministros para la energía marina (undimotriz y mareomotriz) está relacionada con distintos sectores productivos, los cuales se deben desarrollar para proveer a esta industria con un suministro apropiado. Entre estos sectores se incluyen:

- >> Industria del acero: necesaria para las estructuras de soporte y anclajes en diferentes tecnologías.
- >> Puertos: será necesario el mejoramiento de los existentes e instalar nuevos puertos que tengan las capacidades para maniobrar el equipamiento y estructuras necesarias.

-
- >> Contratistas para montaje: estas empresas son necesarias para la instalación y puesta en marcha de los equipos principales, tanto convertidores de energía undimotriz como mareomotriz. Buques, remolcadores, buzos y otros son en su mayoría necesarios para el ensamblaje de estas máquinas, de las estructuras de apoyo, de cables submarinos, etc.

 - >> I+D de materiales: hasta el 2012 el acero ha sido el material más usado en casi todas las tecnologías para el uso de la energía marina, esto debido a su confiabilidad y resistencia, pero se sabe que el acero es caro y pesado, por lo que debe haber investigación y desarrollo de otros materiales a ser utilizados. Vale la pena mencionar que los desarrolladores de tecnología están buscando alternativas al acero para las versiones futuras de sus prototipos como una manera de hacerlos más livianos y baratos (Aquamarine, 2011).

 - >> Experiencia práctica y profesionales calificados: es necesaria la formación de profesionales especializados para que puedan realizar las siguientes tareas:
 - Medición del recurso disponible, con el objetivo de disminuir la incertidumbre de éste y localizar las áreas apropiadas para el desarrollo de proyectos.
 - Desarrollar la planificación y diseño de estos proyectos, como configuraciones óptimas para el arreglo de máquinas o líneas de transmisión.
 - Evaluaciones de impacto ambiental, debido al conocimiento limitado que se tiene para este tipo de energía, es importante contar con profesionales que conozcan la flora y fauna marina local y las condiciones (biológicas y químicas) del océano, de esta forma se podrá realizar una identificación de los impactos.

La Figura 11 muestra como estas sinergias se llevan a cabo y cómo ellas interactúan con diferentes sectores.

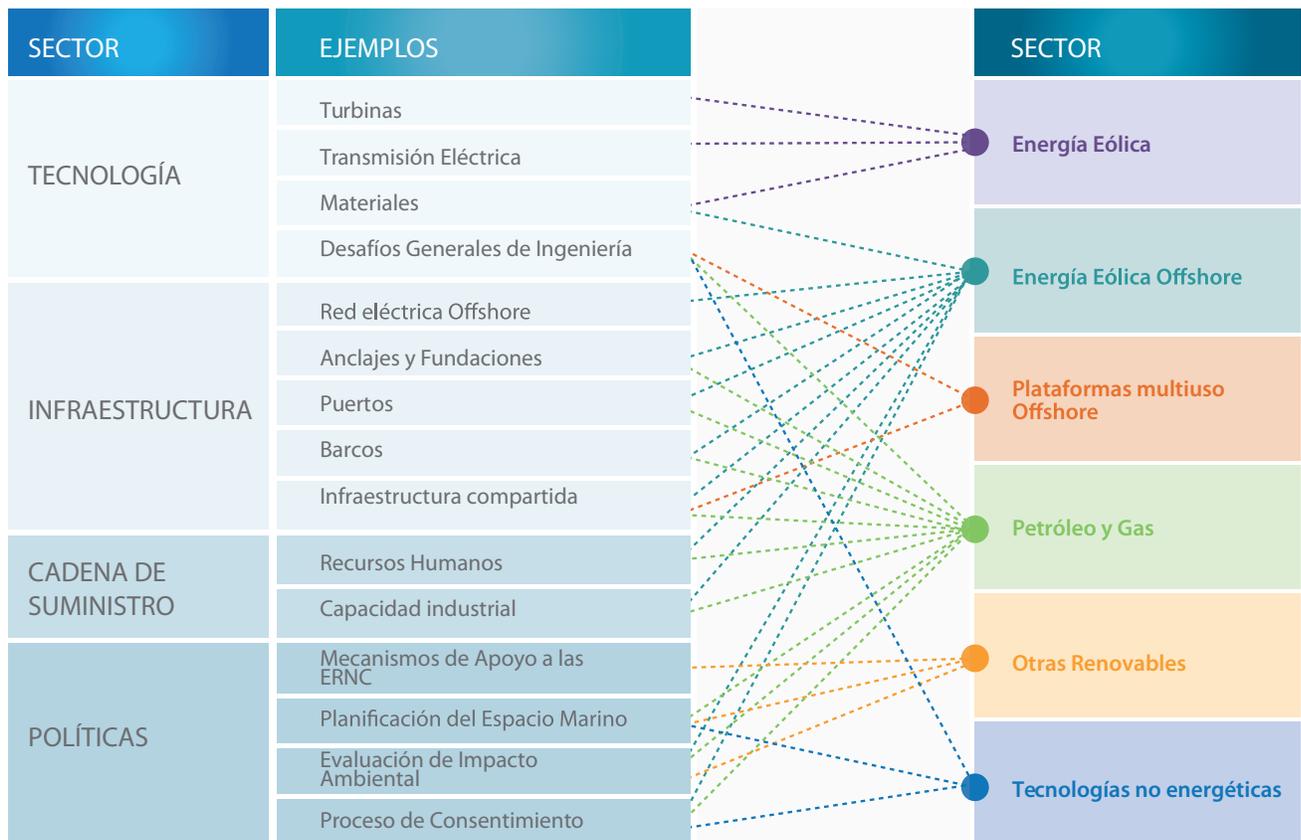


FIGURA 11: SINERGIAS ENTRE DISTINTOS SECTORES PRODUCTIVOS. EN LAS COLUMNAS DE LA IZQUIERDA SE PRESENTAN DIFERENTES SECTORES INVOLUCRADOS CON LA ENERGÍA MARINA, LOS CUALES ESTÁN CONECTADOS A SECTORES RELACIONADOS DE LA COLUMNA DERECHA (OES, 2011).

Es importante que la interacción de estos sectores sea fluida, pero también es importante mencionar que hay un gran número de distintos actores en este mercado, lo que significa que la industria de la energía marina abre oportunidades para otras actividades relacionadas, estableciendo una cadena de suministro que puede crear importantes beneficios para muchas compañías.

4.2.2 Impactos positivos observados y proyectados en el desarrollo de la energía marina en el Reino Unido

El Anexo 1 muestra el caso del impacto del desarrollo de la energía marina en Orkney, donde el EMEC fue establecido en el 2003. Se puede observar que los beneficios se producen en diversas áreas, siendo la generación de empleos y la economía local los más importantes. La presente sección muestra algunas cifras de estos impactos, y las proyecciones de éstos en la economía británica considerando los planes futuros.

Uno de los impactos principales a ser evaluado es la creación de empleo, en este sentido, actualmente la industria de la energía marina provee 800 empleos de tiempo completo en el Reino Unido (Renewable-UK, 2011). La Figura 12 muestra un desglose de la creación de empleos directos de esta industria. Se debe considerar que éstos son sólo empleos de tiempo completo; empleos indirectos no están incluidos.

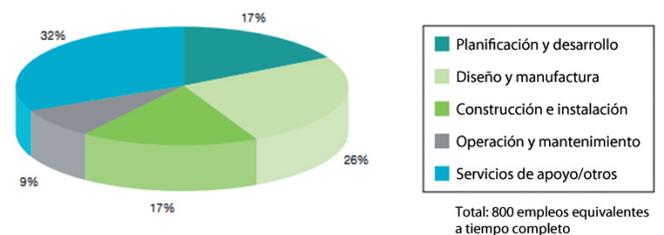


FIGURA 12: EMPLEO DIRECTO EN ENERGÍA MARINA EN EL REINO UNIDO (RENEWABLE-UK, 2011)

La Figura 13 presenta un desglose de la cantidad y tipo de empleo creado por cada MW de energía marina implementada. Estos empleos se componen principalmente del suministro de los equipos principales y su montaje (dispositivos, fundaciones, equipamiento eléctrico, etc.).

La misma figura muestra en forma separada la cantidad de empleos directos e indirectos creados; siendo empleos

directos aquellos que son creados específicamente para empleados calificados en empresas focalizadas en energía marina, y empleos indirectos son las oportunidades de trabajo que surgen de la inversión realizada en el sector de energía marina, incluyendo trabajos creados cuando una industria/empresa crea trabajo para personas distintas de las empleadas directamente por la empresa/industria específica.

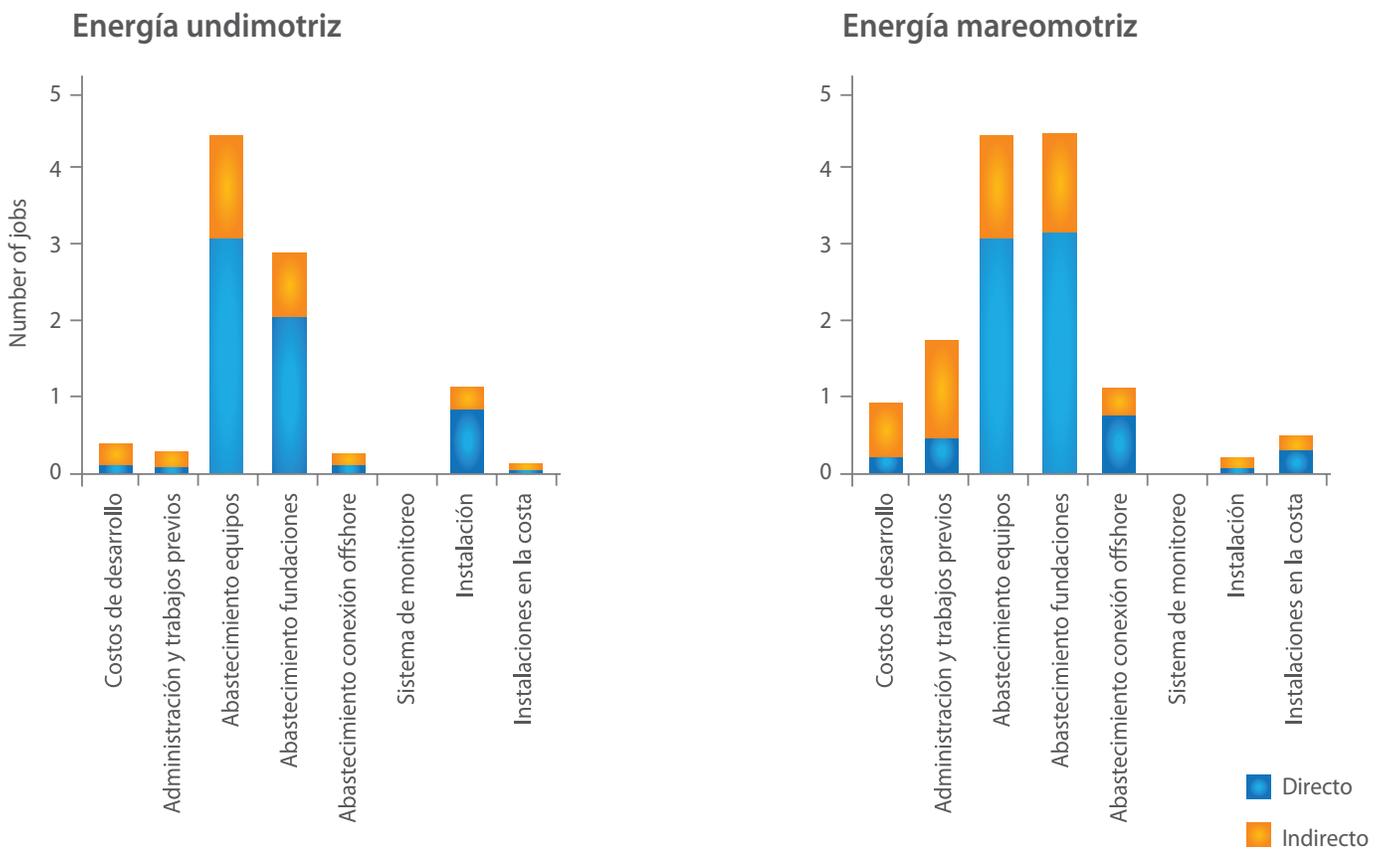


FIGURA 13: CREACIÓN DE EMPLEOS POR MW DE CAPACIDAD DE ENERGÍA MARINA INSTALADA (EU-OEA, 2011)

Respecto a la futura creación de empleos, diversas instituciones han realizado sus propias estimaciones:

- >> La Asociación Europea de Energía Marina (EAOE, 2011) estima que antes del 2020 se crearán alrededor de 40.000 trabajos en Europa, y que en el período 2010-2050 la Industria creará más de 400.000 trabajos en Europa, esto considerando la cadena de suministro completa que requiere la puesta en marcha de estos dispositivos.
- >> El gobierno de Escocia (MEG, 2009) estima que la Industria puede crear alrededor de 2.600 empleos directos en Escocia en el 2010, y aproximadamente 12.500 podrían crearse en el país incluyendo empleos indirectos e inducidos.
- >> Sistemas de Energía del Océano (OES, 2011), una iniciativa de la Agencia Internacional de Energía (2011) pronostica que la industria de energía marina en el 2030 habrá creado alrededor de 160.000 empleos alrededor del mundo, tanto directos como indirectos.

En resumen, la UE-OEA (2010) estima que se crean alrededor de 10 a 12 empleos directos e indirectos por cada MW instalado de energía marina. Teniendo en cuenta que una estimación bruta del potencial chileno de energía undimotriz es de 165 GW (Garrad Hassan, 2009) y 500 MW para energía mareomotriz (Atlantis Resources Corp), aunque ésta sea una estimación gruesa y que el potencial factible podría ser significativamente menor, a esta tasa de generación de empleo es evidente que las posibilidades para Chile respecto a la generación de empleo son extremadamente altas.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que las estimaciones de potencial son una evaluación teórica del recurso disponible, lo cual debe ser complementado con evaluaciones del recurso técnico y otras limitaciones, tales como áreas marinas protegidas, áreas que no son posibles de utilizar para navegación o razones militares, limitaciones de conexión a la red, limitaciones portuarias, etc. Considerando estas limitaciones es posible que el recurso explotable en la práctica será significativamente menor que el recurso teórico, pero aún así se espera que sea lo suficientemente grande como para crear una industria y una gran cantidad de empleo.

El impacto económico del desarrollo de la energía marina es también un aspecto importante, y algunos países ya cuentan con ambiciosos planes para la energía marina. Un caso interesante es el estudio escocés desarrollado por Allan et al (2008), el que hace una evaluación del impacto en la economía escocesa debido a la instalación, operación y mantenimiento de 3 GW de energía undimotriz en Escocia.

El caso base del estudio considera la instalación de 4.000 módulos Pelamis (750 kW cada uno) entre 2007 y 2020. Sus resultados muestran un impacto positivo en el PIB, donde este impacto alcanzaría su máximo sobre £400 millones en 2020, y el valor presente del PIB adicional producido sería de £5.466,2 millones.

Los resultados muestran un impacto positivo en el PIB, el que continúa hasta 50 años después de que se realiza el gasto. El estudio también proyecta que habrá más de 15.000 empleos creados al 2020 por las instalaciones realizadas.

Este estudio incluye otros casos que consideran la instalación de dispositivos diferentes a los convertidores Pelamis, en algunos casos se observan resultados mejores, pero para el propósito de este estudio se muestra el caso base como una buena opción, y una forma de demostrar el significativo efecto positivo que tienen en la economía la inversión en energía marina.

4.2.3 Impactos económicos proyectado en otros países alrededor del mundo

Muchos países se han interesado en el desarrollo de tecnologías de energía marina, y en varios de ellos ya se ha llevado a cabo el proceso de evaluación de los impactos económicos de este desarrollo. Algunos ejemplos de esto son Francia, Irlanda, Portugal, Canadá, EE.UU y Nueva Zelanda.

Los enfoques tomados por cada país difieren entre sí en términos del alcance en la planificación y análisis, pero todos ellos llegan a las mismas conclusiones; que el potencial de creación de empleo y actividad económica es real y debe continuar su desarrollo.

En este sentido, existen estudios disponibles que muestran estos planes y beneficios en diferentes lugares, algunos de éstos se describen a continuación:

- >> Canadá y Estados Unidos cuentan con planes de trabajo detallados para el desarrollo de la energía marina (ambos publicados a fines del 2011). Estos planes de trabajo incluyen planes y metas, aunque los beneficios económicos que resultan de este desarrollo no se han considerado.

Para el caso de Estados Unidos, un estudio realizado por ECONorthwest (2009) evalúa los impactos económicos de la energía undimotriz en el estado de Oregon, mostrando que considerando factores como pago de impuestos, creación de empleo, impacto en la industria pesquera, entre otros, existe un potencial económico significativo para la energía undimotriz si las barreras tecnológicas y de costos pueden ser abordados por lo que la industria puede progresar a una etapa comercial.

- >> En Irlanda existe una estrategia de desarrollo realizada por el Departamento de Comunicaciones y Recursos Marinos y Naturales (2205), donde se presenta la estrategia de desarrollo del país.

Junto con esto, un estudio de SQHenergy (2010) evalúa los impactos económicos, llegando a las siguientes conclusiones:

- En cualquiera de los escenarios estudiados, los factores de costo-beneficio son muy similares para las tecnologías undimotrices y mareomotrices.
- En todos los escenarios para tecnologías undimotrices y mareomotrices estaba claro que los beneficios en términos de creación de valor son significativamente mayores que los costos del subsidio requerido.

Los enfoques adoptados varían de un país a otro, siendo en algunos de ellos más completos que otros respecto al impacto en la economía local, al menos en los documentos disponibles. No obstante, sin importar el tamaño de la economía existe un consenso en que el impacto de la energía marina en las economías locales de positivo y significativo.

4.2.4 Visión general de los posibles efectos del desarrollo de la energía marina en la economía chilena.

Parte importante de las industrias mencionadas en la sección 4.2.1 están presentes en Chile, aunque a pesar de que se centran en otros sectores productivos como la pesca, gas y petróleo, puertos, etc., existen condiciones que podrían facilitar el desarrollo de esta nueva industria de energía marina. En efecto, Chile cuenta con buenas instalaciones portuarias y una gran experiencia en el rubro marino a lo largo de toda su costa.

Tal como se verá en la sección 7.2, de acuerdo a estudios preliminares de recurso de energía marina en Chile, los principales lugares con potencial de desarrollo de tales proyectos están cercanos a puertos y ciudades que tienen gran capacidad industrial, lo que significaría una situación beneficiosa para el desarrollo de la energía marina en Chile.

Por otra parte, Chile cuenta además con grandes compañías en la industria del acero, construcción naval y fabricación de galpones, lo que facilitarían la fabricación de dispositivos para aprovechar la energía marina, o al menos gran parte de los elementos que los componen, promover aún más el desarrollo de la industria, la creación de empleo en Chile e incluso abrir las puertas a una posible área donde Chile podría ser un pionero en la región.

Sin embargo, es esencial que Chile fomente y priorice su propio campo tecnológico mediante la investigación y actividades en conjunto con universidades, entidades gubernamentales y empresas privadas. Esto es fundamental para el desarrollo de la industria de la energía marina. En efecto, es el mayor desarrollo tecnológico que tienen los países pioneros en energía marina, junto con un gran recurso, lo que les ha permitido constituirse como tales.

Los efectos en la economía chilena respecto a la actividad industrial y la creación de empleo podrían ser tan grandes como los efectos descritos por Allan et al (2007), esto sólo dependería de la medida en que el Gobierno fomente el desarrollo tecnológico, lo cual será discutido en el Capítulo 7.

4.2.5 Oportunidades para crear una cadena de suministro en Sudamérica

Pese a que Chile tiene un gran potencial industrial que podría ser usado para el desarrollo de la industria de la energía marina, países vecinos como Brasil y Argentina, que tienen un mayor desarrollo en la industria manufacturera (especialmente Brasil), podrían unirse en el desarrollo de esta nueva industria, creando consorcios y lazos de cooperación.

Ambos países (Brasil y Argentina) tienen un importante potencial de recurso marino, especialmente para proyectos mareomotrices (ver Figura 2), por lo que para ellos la industria de la energía marina también podría convertirse en un área a desarrollar.

Esta cooperación podría ser comparada con el caso de los países europeos, los cuales a través de la EU-OEA (Asociación Europea de Energías del Océano) representan los intereses del sector a través de contactos regulares con instituciones europeas (Comisión Europea, Parlamento, etc.). Además, la asociación está enfocada en promover el desarrollo y uso de estas tecnologías mediante actividades políticas, legislativas, educacionales y comunicacionales (EU-OEA, página web 2012).

En este sentido, debido a la existencia de grandes industrias en el área y al recurso existente, el modelo europeo puede ser aplicado en Sudamérica, con el objetivo de promover en forma conjunta el desarrollo de la industria de generación de energía marina.

En cada uno de estos países (Chile, Argentina y Brasil) existe una significativa capacidad industrial, con un amplio rango de sectores industriales que tienen sinergias directas con el sector de energía marina. Por ello los próximos pasos deben ser tomados a favor de una integración regional para el desarrollo tecnológico.

Estas sinergias pueden funcionar en Chile y en Sudamérica, y éstas han funcionado en otros casos. Como ejemplos de grandes industrias y compañías en el área se pueden mencionar:

>> Chile, Argentina y Brasil cuentan con industrias del acero bien desarrolladas. Existen grandes empresas con experiencia que venden todo tipo de acero procesado, como acero de refuerzo para construcción, estructuras de acero, piezas de acero inoxidable, tubos y fabricación y mantención de barcos.

La Asociación Mundial del Acero publicó cifras de producción de acero en el 2011, las cuales son 1,62 millones de toneladas en Chile, 5,7 en Argentina y 35,1 en Brasil. En conjunto esto equivale al 3% de la producción mundial.

>> La minería es la actividad principal en Chile, existiendo varias industrias que sirven a las compañías mineras. Respecto a la energía marina, la minería podría significar sinergias y un consumo extensivo de energía.

El Ministerio de Minería de Chile ha publicado que la producción anual del 2011 fue alrededor de 20,5 toneladas, siendo el cobre el mineral principal con una producción de 5,5 millones de toneladas métricas finas, con un valor de más de US\$ 45.000 millones.

>> Chile tiene recursos y operaciones limitados de petróleo y gas, pero en Brasil y Argentina se ha desarrollado experiencia significativa al respecto.

Las producciones de petróleo y gas para estos países es:

- Chile: 244 miles de m3 de petróleo y 1.793 millones de m3 de gas (Ministerio de Minería, producción 2011).
- Argentina: 35.268 miles de m3 de petróleo y 47.097 millones de m3 de gas (Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, producción 2010)
- Brasil: 122.177 miles de m3 de petróleo y 24.000 millones de m3 de gas (Agencia Nacional de Petróleo, Gas natural e Biocombustíveis, producción 2011)

>> Brasil y Argentina cuentan con grandes compañías que producen turbinas hidroeléctricas, eólicas y a vapor. Estas compañías tienen los más altos estándares de calidad y compiten con grandes compañías europeas, por lo que la capacidad y experiencia con la cuentan es muy importante, la cual podría ser utilizada en el desarrollo de la energía marina.

>> Empresas de Tecnologías de Información están también más desarrolladas en estos tres países. Se considera que éstas serían capaces de diseñar y operar todos los sistemas de control necesarios para el sector de energía marina, como ya que han hecho para otras tecnologías.



05 | Marco legal y permisos; sistema chileno y la experiencia británica



>> En esta sección, se realiza una revisión general del procedimiento de consentimiento seguido en el Reino Unido para entregar beneficios, y una comparación de las leyes referentes al uso de suelo marino y costero existentes en Chile y el Reino Unido, junto con los diferentes enfoques para la evaluación del impacto ambiental.

5.1 El proceso de consentimiento

Las medidas de incentivo a las fuentes de energía más costosas, sin importar su tipo, puede dar lugar a inversiones de importantes cantidades de recursos a nivel gubernamental. En este sentido, para que se establezcan los incentivos o cambios a las leyes en favor de una nueva tecnología, debe haber un proceso de consentimiento que sea acorde a los intereses nacionales y que discuta las políticas de financiamiento a las energías renovables, así como los cambios regulatorios.

Antes de discutir sobre las medidas de incentivo, se describe a continuación el proceso de consentimiento llevado a cabo en Europa con el objetivo de explicar el raciocinio detrás de las políticas que han implementado para el desarrollo de la energía marina.

A nivel de la Unión Europea (UE) existe legislación en forma de Directivas de la UE que es aplicable a desarrollos de energía marina. Cada estado miembro de de la Unión Europea es responsable de transponer la legislación a nivel de la UE en su sistema legal respectivo como también implementar sus propios procesos de licencias para el consentimiento de proyectos. Esto significa que la realidad normativa y legislativa varía ampliamente en los distintos países y mientras los marcos legislativos nacionales reflejan las Directivas de la UE que se aplican a la energía marina, a menudo existe variación entre cómo los países administran dichos requerimientos legislativos y muchas políticas asociadas se encuentran en diferentes etapas de desarrollo en distintos países.

Según lo identifica el reciente proyecto de acción de coordinación financiado por la UE ORECCA (Offshore Renewable Energy Conversion platform - Coordination Action), hay tres factores principales que ilustran cuán desarrollados están los marcos regulatorios/legislativos en cada país, y éstos se encuentran ilustrados en la Tabla 2 a continuación. La tabla muestra que algunos países (tales como Escocia e Irlanda) se encuentran en etapas avanzadas de desarrollo de un Plan Espacial Marítimo (MSP, Maritime Spatial Plan), implementando un sistema de “ventanilla única” para el consentimiento marino, estableciendo una Evaluación Ambiental Estratégica (SEA(1), Strategic Environmental Assessment) para el sector de energía marina. Éstos son factores importantes para facilitar su desarrollo.

País	¿SEA implementado para energía marina?	¿MSP implementado?	¿Proceso de consentimiento marino en desarrollo o con “ventanilla única”?
Bélgica	No	Yes	No
Francia	No	Parcialmente	No
Alemania	Parcialmente	Sí	Sí
Irlanda	Sí (provisionalmente)	Pasos preparatorios	Pendiente
Italia	No	No	No
Holanda	No	Sí	No
España	No	Pasos preparatorios	No
Reino Unido (excl. Escocia)	Pendiente	Parcialmente y Pendiente	Parcialmente
Portugal	Parcialmente	Bajo Desarrollo	No
Noruega	No	Parcialmente	No
Dinamarca	No	Parcialmente	Sí
Escocia	Sí	Parcialmente	Sí

TABLA 2: ESTADO DE POLÍTICA NACIONAL A TRAVÉS DE EUROPA: MATRIZ QUE MUESTRA TRES FACTORES IMPORTANTES PARA APOYAR EL DESARROLLO DEL SECTOR DE ENERGÍA MARINA ANALIZADO A TRAVÉS DE EUROPA. (ORECCA, 2011)

Un SEA⁽¹⁾ es importante antes de un desarrollo a escala comercial a fin de garantizar que los efectos ambientales de la implementación de una cantidad significativa de proyectos a escala regional y nacional sean tomados en cuenta. De manera similar, al tener un MSP implementado, desarrollado en consulta con todos los grupos de interés, es importante administrar las interacciones de proyectos de energía marina con otros usuarios del mar en la forma más eficiente posible. Un sistema simplificado de consentimiento es importante para reducir los costos y retrasos asociados con la obtención de todas las autorizaciones y licencias necesarias para un proyecto de energía marina (en comparación con un sistema complicado de autorizaciones que sería una barrera importante para el desarrollo del sector).

El enfoque de «gestión adaptativa» o «implementar y monitorear» a menudo es considerado importante para la reglamentación del sector de energía marina. El sector de energía renovable offshore se presta fácilmente para utilizar este enfoque donde los datos

obtenidos de los primeros proyectos se utilizan como base para las decisiones de reglamentación debido a que las implementaciones en el sector son incrementales. Es más, a medida que el sector avanza de prototipos de dispositivos a pequeños arreglos, y eventualmente arreglos de tamaño mediano y grande, existen muchas oportunidades para el aprendizaje y la recopilación de información. Reguladores y legisladores deben ser capaces de acomodarse a este sistema. En este sentido, deberían fomentarse los proyectos demostrativos para obtener datos fiables que sirvan de base para legislación, reglamentación y política futura.

En el Reino Unido, hay diferentes grados de transferencia de competencias entre el Gobierno del Reino Unido y el Gobierno Escocés, el Gobierno de la Asamblea de Gales y el Ejecutivo de Irlanda del Norte con respecto al reglamento y consentimiento de energía marina. Por lo tanto, existen diferentes grados de integración entre el sistema reglamentario y esquemas de consentimiento en cada parte constitutiva del Reino Unido.

Como se ilustró en la Tabla 2, el Reino Unido (y particularmente Escocia) está avanzando bastante con respecto a contar con un ajuste para los fines del marco regulatorio y el esquema de consentimiento implementado en el sector de energía marina.

En el 2011, el Departamento de Energía y Cambio Climático (DECC) del Reino Unido estaba en las etapas finales del desarrollo de un SEA⁽¹⁾ de Energía Offshore del Reino Unido integral que cubre la Zona de Energías Renovables y aguas territoriales de Inglaterra y Gales (DECC, 2011), e incluye la energía undimotriz y mareomotriz. Este SEA⁽¹⁾ es importante y pretende ayudar a informar decisiones de concesión de licencias y arriendo teniendo en cuenta las implicancias medioambientales de múltiples proyectos. En este sentido, Escocia está más avanzado y el Gobierno Escocés ha realizado un SEA⁽¹⁾ enfocado específicamente en las implementaciones de energía undimotriz y mareomotriz en aguas territoriales escocesas en el año 2007.

En 2009, el gobierno del Reino Unido estableció la Organización de Administración Marina (MMO, Marine Management Organisation) que es responsable de gran parte del proceso de consentimiento para la implementación de proyectos de energía undimotriz y mareomotriz. Sin embargo, los procedimientos no están totalmente operativos y las responsabilidades para dar su consentimiento son compartidas con la Comisión de Planificación de Infraestructura (IPC) que pronto deberá ser reemplazada por la Unidad de Infraestructura Mayor, y el Gobierno de la Asamblea de Gales dependiendo de si un proyecto es mayor de 100 MW en tamaño y si está dentro de aguas territoriales (Seaenergy 2020, 2011). Escocia está más avanzada en este sentido y tiene un sistema racionalizado de "ventanilla única" de consentimiento marino, llamado Marine Scotland, establecida en 2009 y responsable de emitir todos los consentimientos/licencias necesarios para proyectos de energía renovable en aguas escocesas, tanto dentro de las aguas territoriales como en la Zona Económica Exclusiva más amplia.

Se ha logrado un avance sustancial en la implementación de un MSP global en el Reino Unido, donde la DECC ha publicado una Declaración de Política Marina (DEFRA, 2011) que proporcionará el marco normativo general para la zona marina del Reino Unido. Al igual que el resto del Reino Unido, Escocia no tienen un MSP implementado por ley, sin embargo, en 2010 el Gobierno escocés y la Marina de Escocia publicaron un MSP para el Pentland Firth y la región de las aguas de Orkney donde gran parte del recurso undimotriz y mareomotriz están

concentrados (Marina de Escocia, 2010). Este documento no está establecido por ley, pero fue publicado antes de la elaboración de una ley MSP para guiar los desarrollos en la región y proporciona orientación específicamente centrada en proyectos de energía marina.

Este procedimiento de consentimiento y concientización ha hecho que los incentivos sean necesarios, ya que no será posible cumplir con los planes nacionales para energía marina si no hubiese esquemas que ofrezcan apoyo financiero.

En Chile existe actualmente un proceso de consentimiento en fase inicial: en los últimos años se han organizado conferencias, se ha dado financiamiento para estudios preliminares (ver sección 3.2), empresas han estado siguiendo el desarrollo de tecnologías en el extranjero, y entidades gubernamentales y Ministerios (como el CER y el Ministerio de Energía) están estudiando los pasos a seguir y si la energía marina debería ser desarrollada en el país, y en caso afirmativo, cómo debería ser este desarrollo.

Este proceso necesariamente tomará cierto tiempo en establecer medidas concretas, sin embargo, es un signo positivo que haya cierta actividad en este sentido, y que el proceso de consentimiento ya haya comenzado.

5.2 Uso de terrenos y fondo marino

Los proyectos de energía marina necesitan usar un determinado espacio físico con el objetivo de instalar en el mar los dispositivos generadores de energía.

La forma en que se hace disponible un área de fondo marino varía de un país a otro, por lo que debe ser abordado de diferentes maneras con el fin de cumplir con las leyes locales y otorgar espacio para la instalación de dispositivos.

5.2.1 Marco regulatorio y permisos en Chile

Chile no ha tenido un proceso consentimiento como el descrito anteriormente para Europa, debido a esto en esta sección se presenta una breve revisión de la regulación chilena referente a concesiones marinas y uso del fondo marino, con el objetivo de hacer un diagnóstico de la legislación vigente y permisos necesarios, y observar la magnitud de los cambios que deben ser incluidos si se incentiva el desarrollo de la energía marina.

a. Planificación y uso de borde costero

Desde el punto de vista geográfico, Chile es un país costero, cuyo borde tiene una longitud de aproximadamente 6.435 kilómetros. Para su administración Chile ha desarrollado una Política Nacional de Uso del Borde Costero (PNUBC), cuyo objetivo es hacer un manejo sostenible de las áreas costeras y oceánicas, manteniendo al mismo tiempo el equilibrio a largo plazo entre los objetivos medioambientales, económicos, sociales, culturales y recreativos. Dentro de los instrumentos establecidos por la PNUBC para alcanzar su objetivo está el deber de dictar Instrumentos de Planificación o Zonificación del Borde Costero regionales.

Lo anterior es relevante para los efectos de este informe, por cuanto previo al desarrollo de cualquier proyecto que se emplace en el Borde Costero la autoridad revisará su compatibilidad y consistencia con Instrumentos de Planificación del Borde Costero vigentes o en desarrollo.

Chile está dividido en quince Regiones tal como se muestra en el Anexo 3, de las cuales sólo la Región Metropolitana no es costera. A la fecha, de todas las Regiones con Borde Costero sólo dos, la Región de Coquimbo y la Región de Aysén, tienen una zonificación aprobada y vigente. El resto de las regiones costeras se encuentra en proceso de confección y análisis de sus zonificaciones, esperándose un significativo avance a este respecto durante el año 2012.

El proceso de confección de la Zonificación del Borde Costero se dirige regionalmente a través de las Comisiones Regionales de Uso del Borde Costero (CRUBC) las que están encargadas de desarrollar una propuesta de zonificación regional consistente con la PNUBC para luego ser presentada a la Comisión Nacional de Uso del Borde Costero (CNUBC) dependiente de la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas del Ministerio de Defensa. Las CRUBC están compuestas por los siguientes actores políticos y sociales (ver Anexo 2) como el Gobernador Regional, consejos, representantes de la acuicultura, turismo, pesca, de Ministerios de Economía, Urbanismo, Bienes Nacionales, Transporte y de la Armada, entre otros.

Dada la importancia que reviste para el desarrollo de la industria de la energía mareomotriz las zonificaciones costeras, preocupa que en la CRUBC no exista un representante del Ministerio de Energía y de generadores, incluyendo generadores termoeléctricos,

eólicos offshore y mareomotrices. Como se señalará más adelante en el Capítulo de recomendaciones, se propone hacer las modificaciones reglamentarias necesarias para incorporar en la CNUBC y en la CRUBC a representantes del Ministerio de Energía y de la industria. Un paso importante se ha tomado a fines del 2011 en este sentido, en que desde entonces un representante del Ministerio de Energía ha sido incluido en la CRUBC. Aunque por ahora este representante no participa en la toma de decisiones (no tiene derecho a voto), esto aún se considera un progreso, y nuevos pasos pueden ser tomados en el futuro en este sentido.

Para determinar la Zonificación de Uso del Borde Costero la CRUBC analiza diversos factores ambientales, sociales, económicos, políticos y estratégicos para finalmente establecer áreas de "Uso Preferente" para el desarrollo de ciertas actividades o industrias (ej. conservación, acuicultura, turismo, portuario, etc.) y los criterios para determinar la compatibilidad de otros usos en dichas áreas. Muy excepcionalmente, los Instrumentos de Planificación determinarán áreas de uso exclusivo.

De lo anterior se concluye, que si bien los instrumentos de zonificación vigentes o en confección no prohíben el desarrollo de proyectos como los analizados, éstos enfrentarán el desafío de demostrar su compatibilidad con los Usos Preferentes existentes conforme criterios que han sido desarrollados sin conocer las particularidades, beneficios e impactos de esta industria

Por su parte, atendido que los instrumentos de zonificación regional son dinámicos y están en constante revisión, se recomienda participar activamente de estos procesos en el futuro. Asimismo, se podría analizar que se decreten áreas preferentes para el desarrollo de este tipo de proyectos.

b. Concesiones marinas

La regulación chilena establece que las concesiones marítimas según el objeto solicitado se clasifican en:

- >> Concesiones de Terrenos de Playa.
- >> Concesiones de Playas.
- >> Concesiones de Rocas.
- >> Concesiones de Porciones de Agua.
- >> Concesiones de Fondo de Mar.
- >> Concesiones dentro y fuera de las bahías.

Si bien no existe experiencia al respecto, dependiendo de la tecnología a utilizar los proyectos de energía marina deberán solicitar una Concesión Marítima de Porciones de Aguas (cuando quieran instalar en el mar un elemento flotante estable), una Concesión de Fondo de Mar (cuando la unidad de generación se encuentre sobre el fondo marino) y/o una Concesión de Terreno de Playa (Pistón). Esta distinción no tiene implicancias respecto del procedimiento aplicable, el que está determinado por la clasificación de concesiones marítimas que revisaremos a continuación.

Las Concesiones Marítimas, para los efectos de su otorgamiento y tramitación, se clasificarán, considerando el plazo de duración, el cual no podrá exceder de 50 años, y la cuantía de los capitales a invertir en dichas concesiones, en:

- >> Concesión Marítima Mayor: aquella cuyo plazo de otorgamiento exceda de 10 años o involucre una inversión superior a las 2.500 Unidades Tributarias Mensuales (UTM), de acuerdo a la ponderación que realice el Ministerio de Defensa.
- >> Concesión Marítima Menor: aquella que se otorga por un plazo superior a 1 año y que no excede de 10 años o que involucre una inversión igual o inferior a las 2.500 UTM.
- >> Permiso o Autorización: aquella concesión marítima de escasa importancia, de carácter transitorio y cuyo plazo no excede de un año.
- >> Destinación: aquella concesión marítima otorgada por el Ministerio a servicios fiscales, para el cumplimiento de un objeto determinado. La destinación no implica el pago de un monto, y no tiene propósito específico, aunque tiene algunas restricciones en el sentido que una institución fiscal debe ser el ejecutor de cualquier trabajo que se realice en el área arrendada.

Teniendo en cuenta el marco legal actual, es altamente probable que debido a la duración de los proyectos (generalmente se proyectan a 30 años) y los montos de inversión involucrados, éstos deban solicitar Concesiones Marítimas Mayores.

De los demás tipos de concesiones marítimas vale la pena reparar en la "Destinación", figura que opera cuando la solicitud de concesión proviene de un servicio

público (ej. Ministerio de Energía, CER, etc.). Esta figura es relevante en caso de que la autoridad en cuestión opte por incentivar este tipo de tecnologías por la vía de desarrollar por cuenta propia un centro de pruebas y/o un proyecto piloto. Sin embargo, debe notarse que la figura de Destinación actualmente sólo se aplica cuando el Gobierno es el que ejecutará cualquier trabajo en esa zona, y como tal, esto puede tener que ser ampliado para abarcar empresas privadas que trabajen en intereses del Gobierno.

5.2.2 El caso del Reino Unido para arriendo del fondo marino

Los reglamentos locales sobre el uso del fondo marino para este tipo de proyecto dependen altamente de los gobiernos locales. Para este informe, se presentará y analizará el caso del Reino Unido.

El Crown Estate (CE, la monarquía inglesa) es el dueño del fondo marino del Reino Unido fuera del límite marino territorial de 12 millas náuticas y en virtud de la Ley de Energía de 2004, tiene los derechos para facultar a la generación de energía renovable en la plataforma continental del Reino Unido hasta 200 millas náuticas. El CE se ha comprometido a trabajar para explotar satisfactoriamente los recursos de energía de las mareas y de olas significativas del Reino Unido. A la fecha, el CE ha ayudado a facilitar el establecimiento de instalaciones de prueba y demostración de tecnologías de energía undimotriz y mareomotriz en EMEC, Escocia, y en Wave Hub en Inglaterra. A Octubre de 2011 el CE ya ha efectuado dos rondas de arriendos:

- >> 2010: La ronda de arriendo para sitios de energía undimotriz y mareomotriz en el Pentland Firth y el área estratégica de aguas de Orkney en Escocia, resultando en 10 sitios arrendados con 1,6 GW de capacidad planificada para el 2020.
- >> 2011: Rondas adicionales de arriendo escocesas (para facilitar a los desarrolladores que compitan por el premio Saltire, un desafío de £10 millones para acelerar el desarrollo comercial de la energía marina (Gobierno de Escocia, 2011)), resultando en sitios arrendados en aguas alrededor de Escocia.

El CE también recibe las solicitudes de arriendo para proyectos de demostración de hasta 10 MW de potencia instalada. Los arriendos de demostración se han concedido recientemente a sitios, incluyendo un lugar de Gales y otro en Irlanda del Norte, y se prevé mayores rondas de arriendos para el futuro.

Los sitios actualmente designados en Escocia se muestran en el Anexo 4.

5.3 Permisos ambientales

Hoy en día, cuando sin importar la naturaleza del recurso a ser explotado, cualquier proyecto de energía debe seguir procedimientos estrictos a fin de demostrar que no representa una amenaza al medio ambiente, el enfoque de una evaluación de impacto ambiental de proyectos de energía marina es muy relevante. En este sentido, debido a que no existe un largo historial de experiencia como para otros tipos de proyectos, es necesario que las autoridades ambientales determinen qué tipo de estudios ambientales se deben realizar para proyectos de energía marina, y trabajen en conjunto con los desarrolladores de tecnología para encontrar una solución a este problema.

En esta sección se describen las leyes ambientales chilenas, junto con el procedimiento seguido en el Reino Unido en este sentido.

5.3.1 Regulaciones ambientales en Chile

El marco regulatorio ambiental chileno está dado por la Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente (LBGMA) dictada en 1994 y reformada por última vez por la ley 20.417 del año 2010. La LBGMA establece nuestra institucionalidad ambiental, donde el Ministerio del Medio Ambiente es el encargado de definir las políticas ambientales, el Servicio de Evaluación Ambiental el encargado de administrar el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, la Superintendencia del Medio Ambiente es la encargada de fiscalizar el cumplimiento de la normativa ambiental y los Tribunales Ambientales tienen el deber de sancionar los delitos ambientales. Las últimas dos instituciones no se encuentran en funcionamiento, pero se espera que comiencen a hacerlo durante el presente año 2012.

El sistema chileno contempla dos vías por las cuales los titulares de proyectos deben someterlos al SEIA. La primera, y más simple, es la vía de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA). La segunda, y más exigente, es un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Ambos instrumentos se diferencian principalmente por el detalle de la información requerida, los plazos de tramitación y las instancias de participación ciudadana. Las causales que obligan a un proyecto a someterse al SEIA por la vía de un EIA están establecidas en el artículo 11° de la LBGMA, y dicen relación con los efectos o impactos específicos que puede generar el proyecto o actividad en el medio ambiente.

Adicionalmente al permiso ambiental o RCA, la mayoría de los proyectos deben tramitar y obtener otros permisos sectoriales para su desarrollo. Aquellos permisos que revisten consideraciones ambientales se denominan "Permisos Ambientales Sectoriales" (PAS) realizándose su discusión ambiental en el marco de la evaluación del proyecto ante el SEIA. La RCA que aprueba un proyecto señala además los PAS que debe obtener su titular, los que no podrán ser denegados por consideraciones ambientales en virtud del principio de coordinación señalado anteriormente. Los permisos sectoriales que no revisten consideraciones ambientales se deben tramitar directamente ante los servicios públicos respectivos.

La práctica ambiental ha creado una instancia que no está expresamente contemplada en la LBGMA, pero que es muy común en la actualidad como lo es la "Consulta de Pertinencia Ambiental" por la cual el titular de un proyecto que no tiene certeza de si su proyecto debe o no someterse al SEIA le pregunta al SEA su opinión sobre el particular. Generalmente, la necesidad de presentar una Consulta de Pertinencia nace de algún servicio público llamado a otorgar un PAS, los que sólo pueden otorgarse directamente si el proyecto no debe someterse al SEIA, quien solicita una confirmación de que efectivamente el proyecto sometido a su conocimiento está eximido de evaluación.

Dada la novedad que enfrentarán las autoridades sectoriales llamadas a otorgar los permisos necesarios para el desarrollo de los primeros proyectos de energía marina, es altamente probable que ellas pidan una consulta de pertinencia pese a que el proyecto específico ni siquiera supere los 3 MW de potencia y se encuentre fuera de un área colocada bajo protección oficial.

En la misma línea de lo planteado precedentemente, es necesario capacitar a los evaluadores y a los demás servicios públicos competentes con la realidad de energía marina a fin de evitar que se soliciten cartas de pertinencia en casos no justificados y/o que éstas se resuelvan con conocimiento de la industria, evitando así que deban someterse al SEIA proyectos que objetivamente no deban hacerlo.

Más detalles del marco regulatorio ambiental chileno se puede encontrar en el Anexo 2.

5.3.2 Procedimiento seguido en el Reino Unido para evaluación de impacto ambiental en energía marina

Como parte del proceso de consentimiento llevado a cabo en el Reino Unido, el cual fue descrito en la Sección 5.1, se debieron tomar decisiones con el fin de evaluar el impacto ambiental de la implementación de cualquier dispositivo de energía marina y garantizar que el funcionamiento del EMEC no crearía un riesgo ambiental.

Debido a que no había ninguna experiencia disponible sobre operación de algún dispositivo, el Gobierno se enfrentó a dos opciones a la hora de permitir la implementación de nuevos dispositivos:

- >> Realizar una evaluación teórica y rigurosa de los posibles impactos que podría tener la implementación de cada dispositivo distinto en el medio ambiente, y elaborar planes de mitigación basados en la evaluación teórica.
- >> Elaborar directrices y consideraciones para los temas relacionados con instalaciones de prueba en términos de infraestructura y uso del sitio, junto con consideraciones genéricas para los tipos de dispositivos previstos para ser implementados, y complementar esto mediante el establecimiento de un amplio sistema de monitoreo ambiental en el área donde se instalaron los dispositivos probados.

La evaluación teórica estaría en línea con las evaluaciones realizadas por otras fuentes de energía, sin embargo, dado que no existe experiencia en dispositivos de energía marina, los impactos considerados serían sólo suposiciones.

Al asumir los impactos ambientales para un estudio, se debería tomar un enfoque conservador. Esto significaría estudios detallados que pueden tomar una cantidad significativa de tiempo, y aunque varios impactos pueden ser identificados, es posible que otros sigan sin ser vistos, o que incluso no ocurran aquellos impactos esperados.

En este sentido, teniendo un enfoque de "manejo adaptativo" para la elaboración de directrices y planes generales, junto con un sólido sistema de monitoreo de impactos ambientales parece ser razonable, aunque un poco más arriesgado.

Este enfoque es a menudo defendido por ser importante en la regulación del sector de energía marina, y fue el enfoque adoptado en el EMEC, donde se evalúan todos los sitios y se hacen consideraciones generales dependiendo de la tecnología que esté siendo probada. Un extenso plan de monitoreo se adopta durante la operación de un dispositivo con el fin de asegurar que cualquier impacto ambiental sea observado, abordado y tratado.

Llegar a un acuerdo sobre este enfoque implicó un proceso de negociación y consentimiento, pero luego de llegar a este punto, se ha observado que el enfoque ha sido una forma positiva de enfrentar este desafío, permitiendo el desarrollo de la tecnología sin causar retrasos innecesarios, pero también proporcionando la importancia adecuada para el estudio del efecto ambiental en la operación de los dispositivos.

En general, el sector de energía renovable offshore se presta bien a este enfoque, donde los datos obtenidos de implementaciones tempranas constituyen las bases de decisiones regulatorias, debido al hecho de que las implementaciones en el sector son incrementales.



06 | Incentivos y herramientas de financiamiento de proyectos para el desarrollo de energía marina



Una importante proporción de los desarrollos de energía marina a la fecha ha estado concentrada en Europa. Varios países europeos han realizado compromisos firmes con el sector y una gama de políticas de apoyo se han puesto en marcha. Este capítulo presentará y analizará el panorama actual para el sector de energía marina en Europa, con respecto a incentivos de producción, reglamentos y financiamiento de proyectos.

Se pone especial énfasis en el Reino Unido que ha demostrado el compromiso más significativo con el sector de energía marina en los años recientes. En las siguientes secciones, el Reino Unido es considerado como un caso de estudio del cual Chile puede potencialmente sacar valiosas conclusiones.

6.1 Incentivos para energías renovables y marinas

Sin el apoyo gubernamental, las tecnologías undimotrices y mareomotrices actualmente no son competitivas en términos de costo de energía. Sin embargo, el sector tiene el potencial de reducir las emisiones, mayor seguridad energética y beneficios económicos, por lo que se puede apreciar interés por parte de los gobiernos en el sector.

Esta sección presenta una revisión general de los mecanismos de incentivos utilizados en el mundo.

6.1.1 Mecanismos de apoyo financiero actualmente usados en el mundo

Con el fin de discutir los posibles mecanismos de incentivos que podrían ser implementados en Chile, a continuación se presenta una descripción de los principales incentivos utilizados alrededor del mundo.

a. Tarifa subsidiada

Éste es un instrumento que fomenta el desarrollo de las energías renovables no convencionales (ERNC) asegurando un precio especial fijo para la venta de energía generada. Esto implica que los consumidores (o el Gobierno) deban comprar energía renovable a un precio determinado sobre el precio de mercado (Barroso et al., 2010). Este sistema permite el desarrollo de varias tecnologías mediante la diferenciación de tarifas por tecnología, proporcionando también incentivos para que nuevos actores puedan entrar al mercado (Central Energía, 2010).

Este esquema es el más usado y ha sido ampliamente implementado en países como Dinamarca, Alemania y España (Barroso et al., 2010).

b. Sistema de cuotas de mercado

Este sistema establece objetivos/requerimientos o cuotas de cantidad de energía renovable a ser vendida por los productores o comprada por los consumidores y en caso de no cumplimiento, se deben pagar multas. En algunos países las cuotas pueden ser transadas en el mercado, generando Certificados de Obligación Renovable (ROCs, Renewable Obligation Certificate), también conocidos como Certificados Verdes.

El valor de los ROCs es proporcional a su demanda, lo que fomenta la libre competencia y la implementación de las tecnologías ERNC más económicas.

Sin embargo, el sistema favorece a los grandes productores de energía quienes pueden aprovechar las economías de escala en términos de desarrollo de proyectos, y no proporciona ningún incentivo a las nuevas tecnologías, ya que las más desarrolladas y económicas tienen mayores oportunidades de ser implementadas.

Este sistema es el más similar al implementado en Chile, y que también ha sido implementado en el Reino Unido y en algunos estados de EE.UU (Barroso et al., 2010).

Un sistema de cuotas en su forma más simple no es específico en alguna tecnología y por tanto incentiva a las tecnologías más económicas. Sin embargo, como se ha demostrado en el Reino Unido y Escocia, y tal como será explicado en la sección siguiente, con los límites introducidos a la Obligación de Renovables, es posible diseñar un sistema de cuotas que incentive a diferentes tecnologías, independiente de su nivel de desarrollo y costo.

c. Subastas de ERNC

Un sistema de subastas opera estableciendo objetivos específicos (por ejemplo, de capacidad instalada o cantidad de energía) para ciertas tecnologías en un período determinado de tiempo (usualmente entre 15 y 25 años). Se envían invitaciones a los desarrolladores interesados o productores de energía, por lo que pueden hacer ofertas con un volumen de energía que es vendido a un precio dado y en un plazo de entrega especificado. Las ofertas con los menores precios se adjudican los contratos implementando la tecnología determinada (Osinermin, 2011).

Usando este esquema es relativamente fácil para un Gobierno establecer los objetivos y estimular el interés del sector privado en invertir en el desarrollo de tecnologías ya que la disposición a pagar del Gobierno es suficiente para despertar el interés privado.

Algunas desventajas de este esquema son que el resultado de los precios de energía puede no reflejar los costos marginales de generación, y que los generadores que ganan las subastas tienen una exposición limitada a las señales del mercado, por lo tanto, carecen de incentivos para asegurar el buen funcionamiento de sus plantas (Osinermin, 2011).

Brasil y Perú están entre los países que han implementado este sistema.

La Figura 14 muestra a continuación el mecanismo de adjudicación de contratos en una subasta normal.

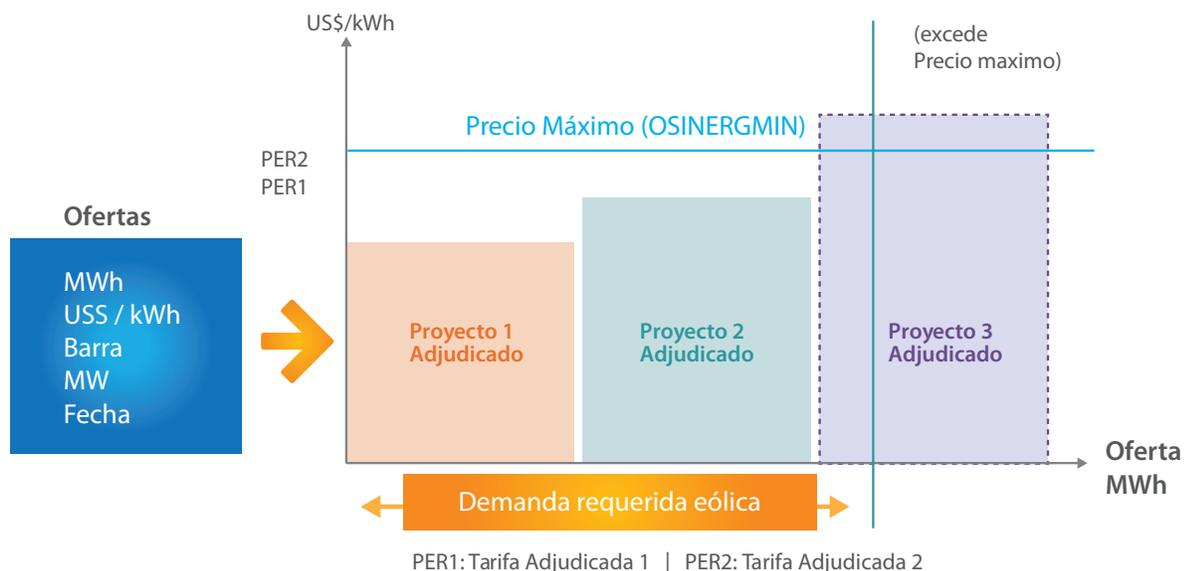


FIGURA 14: EJEMPLO DE UNA SUBASTA PARA ENERGÍA EÓLICA. LOS PROYECTOS ADJUDICADOS SON AQUELLOS QUE SUS PRECIOS ESTÁN POR DEBAJO DEL PRECIO MÁXIMO ESTABLECIDO POR LA SUBASTA Y QUE ESTÁN DENTRO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA EÓLICA ESTABLECIDA EN LA SUBASTA ESPECÍFICA (OSINERGMIN, 2011).

En general, los mecanismos de apoyo financiero para fomentar un sector emergente pueden ser agrupados en dos tipos: medidas de fomento a las tecnologías (technology push) y de demanda de mercado (market pull).

Los mecanismos de incentivo de fomento a las tecnologías se enfocan en apoyar el desarrollo de tecnologías prometedoras, ignorando los precios y otros cambios en las condiciones económicas que afectan la rentabilidad de las innovaciones. Este tipo de incentivos (incluyendo mecanismos como programas I+D, becas de investigación, etc.) se centran en apoyos de subvenciones de capital.

Los mecanismos de incentivo de demanda de mercado se centran en cambiar las condiciones de mercado para crear oportunidades a empresas para invertir en innovación. Estos instrumentos operan aumentando la demanda de tecnologías con determinadas características para lograr su objetivo, y esto a su vez se espera resulte generalmente en un mayor nivel de innovación en respuesta a los cambios en los patrones de demanda. Este tipo de incentivos (incluyendo tarifas subsidiadas, esquemas de compra y venta de emisiones, y certificados tales como los ROC del Reino Unido) se enfocan en dar soporte a los retornos del desarrollador.

Muchos autores argumentan que ambos mecanismos de incentivos recién presentados son constituyentes importantes de un sistema exitoso de innovación para desarrollar nuevas tecnologías y destacan la importancia de lograr un equilibrio entre ellos.

Los mecanismos de demanda de mercado son importantes para asegurar desarrollos a gran escala necesarios que ayuden a construir cadenas de suministro, facilitar el aprendizaje mediante la práctica en términos de implementación, operación y mantenimiento, y aprovechar las economías de escala para reducir los costos.

Los mecanismos de fomento a las tecnologías son necesarios para asegurar que la investigación también se esté llevando a cabo para aquellas tecnologías que podrían resultar en significativas mejoras para el sector, ambos en términos de rendimiento o costo (es decir, tecnologías disruptivas).

Así, un plan exitoso de incentivos debería tener ambos tipos de medidas, asegurando un equilibrio entre ellos para que la tecnología que se desarrolle con una contribución razonable por parte del gobierno o instituciones responsables de dar los incentivos.

6.1.2 Mecanismos de apoyo financiero en Europa

En Europa existen diferencias considerables en los mecanismos de apoyo financiero que están disponibles para el sector de la energía marina, lo cual se ilustra en la Figura 15.

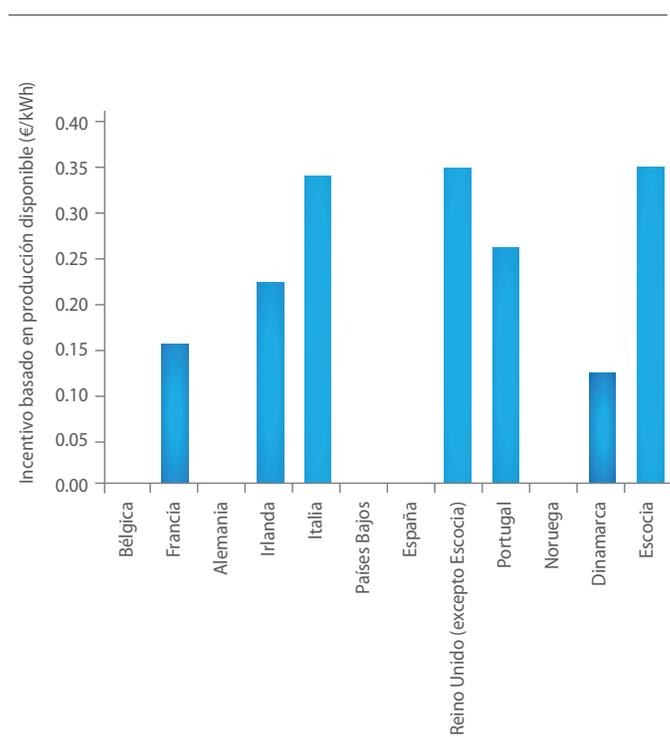


FIGURA 15: GRÁFICO QUE MUESTRA LOS INCENTIVOS BASADOS EN LA PRODUCCIÓN (PBIs) EN PAÍSES DE EUROPA PARA EL SECTOR DE LA ENERGÍA MARINA. SE DEBE TENER EN CUENTA QUE, SEGÚN CORRESPONDA, LOS DATOS PRESENTADOS ASUMEN UN PRECIO DE ELECTRICIDAD EN EUROPA DE 0,07 €/kWh. DONDE NO HAY NINGÚN INCENTIVO DE PRODUCCIÓN DISPONIBLE SOBRE EL PRECIO MAYORISTA, EL GRÁFICO REPORTA CERO. (ORECCA, 2011)

Es claro que no todos los países de Europa tienen Incentivos Basados en la Producción (PBI, Production Based Incentives) implementados para energía marina, sin embargo, cabe señalar que no todos los países tienen una cantidad significativa de recursos naturales de energía marina disponibles. Una gran mayoría de los recursos undimotrices y mareomotrices en Europa se concentra en un número relativamente pequeño de países, tales como el Reino Unido, Irlanda, Noruega, Francia, Italia, Portugal y España.

Además del hecho de que no todos los países tengan PBIs implementados para energía marina, también es importante la diferencia en el nivel de los PBI implementados en Europa. El Reino Unido, Escocia, Italia, Portugal e Irlanda tienen implementado un PBI alto, teniendo en cuenta el estado emergente del sector de energía marina, estableciendo una fuerte señal de mercado para el sector que ayudará a atraer inversiones y acelerar el desarrollo. El panorama de financiamiento, especialmente con respecto a los incentivos de producción disponibles, es un factor importante para determinar cuán atractivo es el sector como objetivo de inversión y para capitalizar la oportunidad que presenta.

En el Reino Unido, el sistema de incentivos para las energías renovables se basa en los certificados, pudiendo ser comercializados en el mercado de obligaciones verdes.

El esquema de Obligación de Energía Renovable del Reino Unido (RO, Renewable Obligation) proporciona un pago complementario a las generadoras renovables de electricidad sobre el precio de mercado de la energía. El sistema está basado en el mercado, siendo los proveedores de energía obligados a generar un porcentaje creciente de su electricidad de fuentes renovables. El precio promedio actual de un ROC es aproximadamente £48/MWh, lo se paga de manera adicional al precio de la electricidad.

El gobierno del Reino Unido ha estructurado los esquemas de obligación de modo escalonado (o en bandas) para que los proyectos undimotrices y mareomotrices sean elegibles para recibir 2 ROCs/MWh de electricidad generada (dicha estructuración fue actualizada y verá este aumento a 5 ROCs/MWh tanto para tecnologías undimotrices como mareomotrices a partir del 2013). En Escocia, se han modificado las bandas de la Obligación Renovable (de Escocia) para que los proyectos de

energía undimotriz y mareomotriz sean elegibles para recibir 3 y 5 ROCs/MWh, respectivamente (previsto que aumenten en línea con las del Reino Unido a 5 ROCs/MWh para ambas tecnologías desde 2013). Tanto en el Reino Unido como en Escocia, la generación de energía renovable es apoyada por un esquema de obligaciones, sin embargo, las tecnologías de energía marina reciben un mayor apoyo.

6.1.3 Mecanismos de apoyo financiero en Chile

En el Anexo 2 se incluye una completa descripción del marco regulatorio chileno para el sector de energía y para las ERNC, y una pequeña descripción del sistema de incentivos para las ERNC se presenta a continuación.

La principal herramienta de fomento de las ERNC en Chile es la imposición legal de una cuota o porcentaje mínimo de energía proveniente de fuentes ERNC. Los principales elementos de este instrumento de fomento están establecidos en el art. 150 bis de la Ley General de Servicios Eléctricos (LGSE), y que se resumen a continuación:

- >> Empresas Obligadas: Empresas eléctricas que realicen retiros del sistema superiores a 200 MW.
- >> Contratos celebrados a partir del 2008: La obligación del porcentaje o cuota sólo es aplicable a contratos de energía celebrados a partir del 2008.
- >> Porcentaje mínimo gradual 2008 al 2024: El porcentaje o cuota ERNC es gradual en el tiempo partiendo de un 5% para alcanzar un 24% el año 2014 según se refleja en el siguiente gráfico.

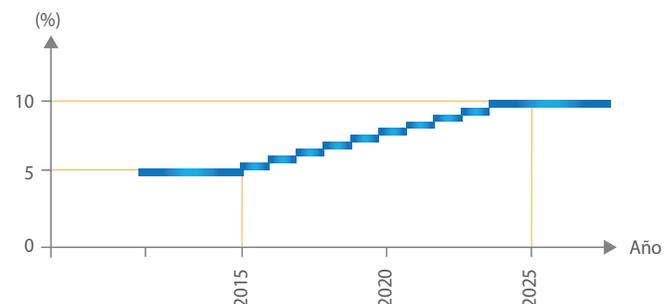


FIGURA 16: INCREMENTO GRADUAL DEL PORCENTAJE LEGAL REQUERIDO DE ERNC EN CHILE

- >> Forma de cumplimiento: Por medio de generación ERNC propios o ajenos. Esto es muy relevante, porque es lo que le permite a los pequeños generados ERNC vender su producción y/o su atributo ERNC a las empresas eléctricas con retiros superiores a los 200 MW.
- >> Posibilidad de venta de excedentes ERNC.
- >> Cargo o Multa por incumplimiento: 0,4 UTM por cada MWh de déficit respecto de su obligación, cargo que aumentará a 0,6 UTM si dentro de los tres años siguientes la empresa incurre nuevamente en incumplimiento de su obligación.

La Figura 17 presenta un cuadro elaborado por el CDEC SIC-SING conjuntamente con el Centro de Energías Renovables (CER) dependiente de la Corporación de Fomento (CORFO) que muestra el comportamiento de las inyecciones al Sistema Interconectado por fuentes ERNC en relación con el porcentaje o cuota legal en el último año (2011).

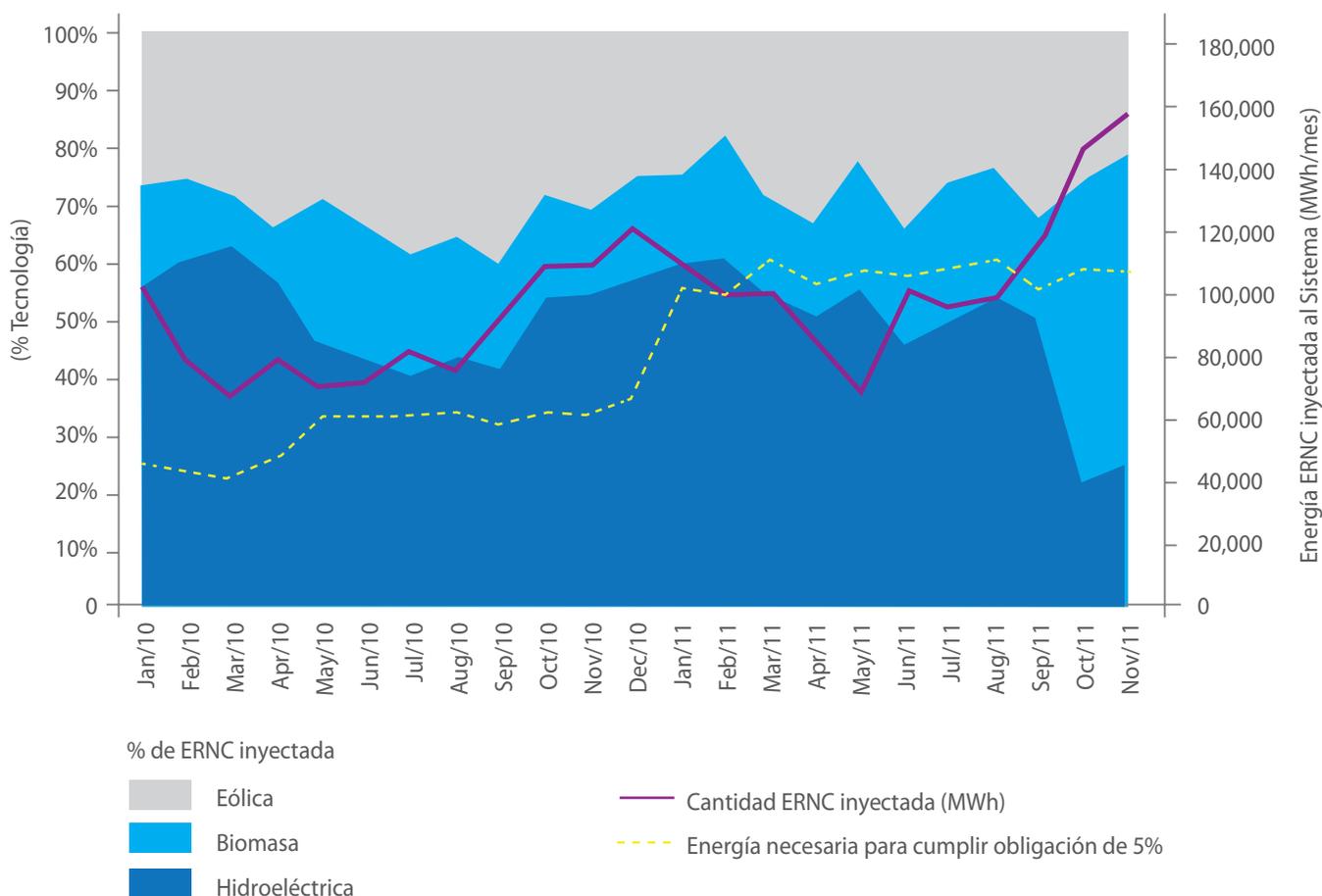


FIGURA 17: ERNC INYECTADA A LA RED ENTRE ENERO 2010 Y NOVIEMBRE 2011 (CDEC SIC/SING, CER, 2011).

Futuros proyectos de energía mareomotriz podrán beneficiarse de este incentivo legal, por la vía de celebrar contratos de suministro de energía y/o vender el "Atributo ERNC" a las empresas obligadas a un porcentaje mínimo de generación por fuentes ERNC que no puedan cumplir con dicha obligación mediante fuentes propias.

Transcurridos los primeros años desde su implementación, actualmente se encuentra en evaluación qué tan efectivo ha sido dicho instrumento en su objetivo de acelerar el desarrollo de las ERNC. En esta línea, se discute en el Congreso Nacional un proyecto de ley que propone adelantar la obligación contenida en el art. 150 bis de la LGSE de 10% al 2024 a 20% al 2020 (Meta 20/20). Asimismo, entidades especializadas (ej. CER) evalúa si el monto del cargo establecido en la ley tiene el efecto de fomento buscado o si por el contrario, atendido su bajo valor en relación con el costo alternativo de desarrollar proyectos ERNC no tendría el efecto de dinamizar la industria.

Otra de las herramientas contenidas en la LGSE para viabilizar proyectos ERNC y de pequeña y mediana escala es la exención en el pago de peajes de transmisión troncal establecida en beneficio de proyectos ERNC de hasta 20.000 kW. Para proyectos cuyos excedentes de potencia sean entre 0 y 9.000 kW la exención es total, mientras que para proyectos con excedentes de potencia entre 9.000 y 20.000 kW la exención es parcial.

6.2 Financiamiento de proyectos

Actualmente, los proyectos de desarrollo de tecnologías para dispositivos de energía marina requieren de una cantidad significativa de recursos con el fin de llevar a cabo los importantes niveles de I+D que se requieren, actividad que es generalmente realizada por pequeñas compañías que no necesariamente tienen gran capacidad financiera.

6.2.1 Financiamiento de proyectos en Europa

Los desarrolladores de tecnología tienen tres opciones principales para financiar de proyectos de energías renovables marinas, los cuales son de uso intensivo

de capital y requieren del desarrollador para obtener grandes cantidades de financiamiento antes del inicio de sus operaciones (DTI, 2000):

1. Balance Financiero.
2. codesarrollo del proyecto con un socio de gran capacidad financiera que tenga un fácil acceso al financiamiento necesario.
3. financiamiento del proyecto donde los préstamos bancarios están asegurados contra los futuros flujos de caja de un proyecto en lugar de activos físicos del prestatario.

Debido a que las cantidades de capital necesarias son grandes, muchos desarrolladores son incapaces de utilizar el financiamiento por balance financiero para financiar proyectos, resultando en una fuerte tendencia en el sector donde los desarrolladores de tecnología forman asociaciones con socios tales como empresas de servicios públicos y fabricantes originales de equipos. Estas asociaciones, en general, han sido de dos tipos:

- >> **Asociaciones de inversión estratégica:** La inversión estratégica en una empresa de desarrollo de tecnología por una compañía más grande donde el socio mayoritario adquiere la compañía o actúa como un inversionista clave para dar financiamiento.
- >> **Sociedades (joint ventures):** La compañía de desarrollo de tecnología constituye una sociedad de proyectos con el socio más grande para dar financiamiento.

El financiamiento de proyectos es muy importante para el sector de energías marinas y su importancia aumentará conforme el sector adquiere mayor madurez y se mueva hacia implementaciones de grandes arreglos de dispositivos. Sin embargo, actualmente, debido a la situación emergente del sector y las incertidumbres relativamente grandes asociadas con el desarrollo de proyectos, el financiamiento de proyectos sigue siendo difícil de obtener para los proyectos de energía marina. Los datos confiables sobre los retornos de la

inversión y rendimiento de los dispositivos son limitados, especialmente para las primeras implementaciones de nuevas tecnologías.

Aumentar el acceso al capital para los proyectos de energía marina es una prioridad frecuentemente planteada para el sector. Una amplia variedad de acciones contribuyen a esto; desde establecer políticas para entregar una señal de garantía de largo plazo para el sector al mercado y desarrollar normas internacionales para la verificación de dispositivos, a fin de obtener datos confiables y continuos de rendimiento de las implementaciones y del desarrollo de medidas para mitigar los impactos ambientales.

6.2.2 Experiencia del Reino Unido en financiamiento de proyectos

El continuo apoyo político para el sector de energía marina, particularmente en el Reino Unido (en especial las políticas como la Obligación de Energía Renovable escalonada y Obligación de Suministro de energía marina en Escocia), ha dado una señal de mercado a largo plazo y garantizado la certeza necesaria para facilitar las inversiones en el sector. Esto ha incentivado la tendencia (descrita anteriormente) para que grandes empresas generadoras y Fabricantes de Equipos Originales (OEM, Original Equipment Manufacturers) ingresen al sector y formen asociaciones con empresas de desarrollo tecnológico mediante inversión, adquisición y joint ventures. La Tabla 3 presenta una lista no exhaustiva de ejemplos de estas importantes asociaciones entre los desarrolladores de tecnología en el sector de energía marina y grandes empresas generadoras y OEMs.

Sector	Desarrollador de Tecnología	Socios estratégicos de inversión	Socios en Joint Ventures
Energía Undimotriz	Wavegen	Voith Hydro	EVE
	AWS Ocean Energy	Alstom	
	Aquamarine Power	ABB, SSE	SSE Renewables, ESBI
	Pelamis Wave Power		Vattenfall, Scottish Power Renewables, E.ON
	Ocean Power Technologies	Lockheed Martin Corp.	Iberdrola
Energía Mareomotriz	Tidal Generation Ltd.	Rolls Royce	MeyGen Ltd. (Morgan Stanley, International Power, Atlantis Resources Corp.)
	Hammerfest Strom	Scottish Power Renewables	
	Marine Current Turbines	Siemens	RWENpower Renewables, EDF
	Open Hydro	DCNS, Emera	EDF, SSE, Nova Scotia Power
	Atlantis Resources	Statkraft	Lockheed Martin Corp.

TABLA 3: TABLA QUE MUESTRA ALGUNAS IMPORTANTES ASOCIACIONES ENTRE DESARROLLADORES DE TECNOLOGÍA EN EL SECTOR DE ENERGÍA MARINA Y GRANDES GENERADORAS Y FABRICANTES DE EQUIPOS ORIGINALES. NOTAR QUE NI LA LISTA DE DESARROLLADORES DE TECNOLOGÍA NI LA DE ASOCIACIONES SON EXHAUSTIVAS.

Existen signos alentadores que indican que el sector está empezando a llegar a una etapa de desarrollo donde es posible obtener el financiamiento para los proyectos. Un préstamo reciente de £3,4 millones a Aquamarine Power, un desarrollador de tecnología del Reino Unido, por Barclays Corporate, para financiar el desarrollo de un arreglo de 2,4 MW de dispositivos de energía undimotriz en las Islas de Orkney en Escocia es un indicio de ello y ha sido destacado como la primera vez que una empresa de energía marina ha conseguido un préstamo de financiamiento de deuda por parte de un banco. Estas señales de desarrollo aumentan la confianza de los inversionistas en el sector emergente de energía marina, particularmente en el Reino Unido.

6.2.3 Herramientas de financiamiento de proyectos existentes en Chile

Junto con los incentivos legales, el estado de Chile ha desarrollado otras herramientas de financiamiento para proyectos ERNC, las que son principalmente canalizadas a través de la Corfo. La Tabla 4 resume los instrumentos de financiamiento existentes, aunque la información actualizada sobre los fondos utilizados a partir de estos mecanismos no estaba disponible para este informe.

Sector	Incentivo	Descripción
Incentivos financieros actuales	Financiamiento CORFO para estudios de pre-factibilidad básica y avanzada	Financiamiento de estudios de pre-factibilidad para proyectos ERNC hasta un 50% de su costo, con un tope de \$33.000.000. (aprox. £43.000)
	Líneas de crédito CORFO	Financiamiento de proyectos ERNC vía créditos a largo plazo (12 años por una monto máximo de hasta US\$15.000.000.-). Actualmente CORFO no ha asignado nuevos fondos a esta línea.
Otros incentivos	Calificación de proyecto como Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) / Venta de Bonos de Carbono	En conformidad con lo dispuesto en el Protocolo de Kyoto, los proyectos ERNC que demuestren que las tecnologías a utilizar son capaces de reducir las emisiones de Gases Efecto Invernadero producidas por proyectos convencionales, pueden certificarse como Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), y vender los certificados de reducción de emisiones (CERs) por ellos generados.

TABLA 4: INSTRUMENTOS DE FINANCIAMIENTO PARA PROYECTOS ERNC EN CHILE

Tecnología	Nº de proyectos	Capacidad instalada (MW)	Inversión (MUSD)
Biomasa	6	42	112
Eólico	17	881	1.802
Mini-hidro	21	174	380
Solar	4	26	140
Total	48	1.123	2.436

TABLA 5: INICIATIVAS ERNC QUE ENFRENTAN PROBLEMAS DE FINANCIAMIENTO EN CHILE (CER, 2012).

La suficiencia de los fondos comprometidos por el estado para las etapas de estudio, construcción y operación de proyectos ERNC están en constante evaluación por parte de la autoridad. Ejemplo de ello es la revisión periódica que hace el CER de proyectos ERNC que enfrentan problemas de financiamiento para su ejecución. En la Tabla 5 se presenta el último diagnóstico hecho por el CER en julio de 2011.

Según el CER (2012) las principales brechas para conseguir financiamiento para el desarrollo de tecnología están asociadas a la dificultad de conseguir financiamiento con la banca o un contrato PPA con algún cliente libre.

Existen otros instrumentos de financiamiento disponibles en la institución chilena, tales como los fondos especiales de Corfo Innova e Invest, y otros gestionados por Conicyt (por ejemplo, Fondef y Fondecyt). Algunos de estos fondos son usados en los estudios presentados en la sección 3.2, sin embargo, se ha establecido que los recursos puestos a disposición por estos instrumentos no serían suficientes para financiar numerosas pruebas o desarrollos de tecnología.



07 | Planes para el desarrollo de energía marina en Chile



>> Este capítulo entrega un análisis general de la idoneidad del marco regulatorio chileno para la inclusión de proyectos de energía marina, seguido de una breve revisión de las zonas más atractivas para el desarrollo de la energía marina en Chile.

Seguido a esto, el capítulo terminará con la presentación de dos potenciales estrategias que podrían ser implementadas por el Gobierno de Chile para proveer incentivos al sector de energía marina, acompañado de algunas recomendaciones de políticas públicas necesarias para implementarlas.

7.1 Comentarios generales del marco regulatorio chileno y su idoneidad para incluir proyectos de energía marina

Tal como se destacó en el Capítulo 6, actualmente no existen proyectos de energía marina en Chile, ni tampoco están considerados en la normativa vigente (en la ambiental, en las concesiones marinas ni en las de uso de borde costero). Sin embargo, ésta no es incompatible con el desarrollo de proyectos de energía marina, ya que se puede considerar que este tipo de energía se encuentra dentro de los actuales lineamientos definidos en cada normativa. Por ejemplo, sería posible considerar el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica mediante olas o corrientes en los procesos de Zonificación, e incluso declarar algunas áreas como Zonas de Uso Preferente, a aquéllas que tengan un alto potencial para el desarrollo de este tipo de proyectos.

Sin embargo, se aprecia que ninguna normativa chilena es explícita respecto a este tipo de energías, por lo que en el caso de que un desarrollador quisiera comenzar a implementar un proyecto posiblemente se enfrentaría a varios vacíos legales y autoridades que no están preparadas ni calificadas como para poder discernir sobre estos proyectos en términos del marco regulatorio actual. En ese sentido, es importante que, con el fin de facilitar futuros desarrollos en el área, la energía marina debiera estar explícitamente mencionada en los planes del Gobierno y en las normativas vigentes.

En este sentido, un primer paso importante para facilitar desarrollos de energía marina bajo el marco regulatorio actual es incluir explícitamente este tipo de proyectos en las regulaciones del gobierno, de conformidad con lo dispuesto legislación vigente. Esto no debería ser una tarea complicada, pero es vital que las autoridades que deben otorgar permisos o tomar decisiones con respecto a desarrollos de energía marina tengan los instrumentos legales necesarios para evaluar eficientemente la situación y emitir una opinión fundada.

El marco legal para la energía renovable y energía marina junto con los criterios que siguen son diferentes para cada país. Esto es normal y esperado, sin embargo, es importante que estos marcos legales sean lo suficientemente flexibles para aceptar proyectos enfocados en la explotación de nuevos recursos de energía, o que sean explícitas respecto a las fuentes de energía que puedan ser desarrolladas.

Tal como fue mencionado anteriormente en el informe, los mecanismos actuales de apoyo financiero para los proyectos ERNC en Chile es un sistema de cuotas, el cual obliga a los proveedores de energía a obtener un determinado porcentaje de la energía que suministran a partir de fuentes renovables (la cuota se fija en un 5% hasta 2014, aumentando un 0,5% anual llegando a 10% en 2024). Sin embargo, para que este sistema tenga éxito (es decir, para la inversión en ERNC u tecnologías a ser promocionadas), es fundamental que el costo de cumplir con la ley sea más bajo que pagar las multas que ésta impone, lo cual no se cumple necesariamente en la actualidad (Galetovic & Muñoz, 2008). No obstante, como se muestra en la Figura 17, actualmente la producción de energía renovable en Chile ha cumplido las cuotas legalmente requeridas y a la fecha, ninguna compañía ha tenido que pagar por incumplimiento. Se estima que la cuota continuará cumpliendo con la normativa por al menos 2-3 años más.

Si bien, este sistema de fomento a las ERNC es similar al establecido en UK, en Chile no se hacen distinciones por tipo de tecnología, por lo que el sistema incentiva el desarrollo de las tecnologías ERNC menos costosas (biomasa, mini-hidro y eólica) y no fomentan la inversión en el desarrollo o implementación de tecnologías como

la energía marina, que aún se encuentra en una época temprana de desarrollo y que todavía les queda camino por recorrer antes de convertirse comercialmente viables.

Con el fin de evitar esta situación y promover un mix diverso de tecnologías maduras y emergentes, en el Reino Unido se ha introducido en el esquema una estructura escalonada de Obligación Renovable, en virtud del cual se les otorga un número diferente de ROC a distintas tecnologías por MWh de energía generada. Por lo tanto, este sistema ofrece un nivel diferente de apoyo a las diferentes tecnologías de generación en función de su madurez, con tecnologías en una etapa temprana de desarrollo, tales como tecnologías de energía marina, recibiendo un mayor nivel de apoyo.

El sistema de bandas introducido en un esquema de Obligación de Energía Renovable en el Reino Unido crea un incentivo adicional para el desarrollo de energía marina incrementando el nivel de retorno en el apoyo proporcionado. Ésta es una medida importante para garantizar la creciente demanda del mercado de energía marina en el Reino Unido y envía una señal importante de que el gobierno tiene un compromiso a largo plazo con el sector de energía marina.

7.2 Áreas atractivas en Chile para el desarrollo de energía marina

En esta sección se incluye un breve resumen de algunos aspectos considerados importantes con respecto a los desarrollos de energía marina en Chile (riesgos de terremotos y tsunamis), antes de pasar a las áreas específicas que son más atractivas para desarrollos de energía marina en Chile.

7.2.1 Riesgos naturales en Chile; terremotos y tsunamis

Es importante notar que Chile está ubicado en una zona sísmica (una de las áreas más activas del mundo) y grandes terremotos pueden producir tsunamis en la región.

Este riesgo natural debe ser tomado en cuenta cuando se está considerando el desarrollo de la energía marina en Chile ya que representa un riesgo para las instalaciones construidas en el borde costero. En este sentido, se debería realizar un análisis detallado de riesgos caso a caso para los desarrollos de energía marina, aunque de manera preliminar es posible hacer algunas observaciones generales:

- >> Los dispositivos mareométricos son usualmente instalados bajo el agua y como tales los tsunamis no suponen un riesgo significativo. Sin embargo, las condiciones de un tsunami podrían causar velocidades extremas de agua y esto debería ser tomado en consideración al momento de diseñar las fundaciones de los dispositivos mareométricos.
- >> El impacto de los tsunamis en los convertidores undimotrices tiende a ser diferente para distintos tipos de dispositivos convertidores de energía que actualmente están bajo desarrollo en el sector:
 - Dispositivos flotantes tales como los desarrollados por Pelamis Wave Power Ltd. no deberían tener mayores problemas y simplemente requerirían un sistema de anclaje al fondo marino y que puedan soportar las grandes deformaciones producidas por cambios rápidos y significativos en el nivel del mar durante un tsunami.
 - Convertidores undimotrices oscilantes tales como el dispositivo Oyster de Aquamarine Power pueden tener problemas causados por el incremento del nivel del agua, lo que debe ser evaluado.
 - Todas las instalaciones que serán instaladas en tierra deben tener una protección adecuada o deberían estar ubicados en zonas seguras. A lo largo de gran parte de la costa chilena, la topografía relativamente abrupta cerca de la costa hace que sea relativamente sencillo encontrar un sitio seguro y elevado.

Mientras los tsunamis pueden representar la amenaza natural que represente el mayor riesgo para los dispositivos de energía marina, los riesgos deberían ser abordados caso a caso ya que es claro que los riesgos varían al considerar diferentes tipos de tecnologías y dispositivos.

Es importante destacar que si bien los tsunamis pueden ocurrir en Chile, no son comunes ni ocurren con regularidad, por lo que es muy posible que un dispositivo de energía marina con una vida útil de 25-30 años nunca experimente un tsunami. Por lo tanto, es probable que un análisis de riesgo de tsunami sea lo más adecuado en esta situación.

La actividad sísmica es otro aspecto que debería ser estudiado en mayor profundidad para evaluar el potencial impacto de cargas sísmicas en los dispositivos. Actualmente, aunque algunas zonas sísmicas tales como la costa oeste de Canadá y Nueva Zelanda han estado involucradas en el desarrollo de la energía marina, no existe gran cantidad de información significativa disponible al respecto. A pesar de que los efectos podrían ser inmatriciales, este aspecto merece mayor investigación.

7.2.2 Áreas atractivas en Chile

Estudios enfocados en Orkney en el Reino Unido (la ubicación del EMEC y actualmente el área con la mayor implementación de proyectos de energía marina a escala global) han identificado que los principales atributos que hacen que una zona sea altamente atractiva para implementaciones de energía marina son:

- >> Buen recurso marino, ya sea de corrientes marinas o de olas
- >> Cercanía a la red de transmisión
- >> Existencia de puertos

Otro factor importante a considerar es la presencia de profesionales y trabajadores calificados en trabajos industriales. En el caso de Orkney, la construcción de prototipos, trabajos de montaje y trabajos en puerto fueron las actividades de especial importancia y se basó en la gran experiencia existente como resultado de la presencia de la industria del petróleo y gas en la región. En Chile existen diversos lugares donde se presentan todos los atributos que hacen de un área atractiva para el desarrollo de la energía marina. Según el estudio realizado por Garrad Hassan (2009) los principales lugares para la generación de energía undimotriz están cercanos a varios puertos en las regiones de Valparaíso, Bío Bío y Los Lagos, siendo los ubicados más al sur los que cuentan con un mayor recurso. La Tabla 6 presenta el resultado del estudio.

Región	O&M base	Distancia promedio a la subestación más cercana (ruta del cableado en km)	Red eléctrica más cercana (SIC)	Promedio de recurso undimotriz local (kW/m)	Producción de energía para una planta undimotriz de 30 MW (GWh/año)
Valparaíso	Ventanas (Puerto marítimo)	6	220 kV	37	54,55
Valparaíso	San Antonio (Puerto marítimo)	16	66/110 kV	37	54,55
Bío Bío	San Vicente (Puerto marítimo)	13	66/220 kV	44	64,75
Bío Bío	Coronel (Puerto marítimo)	10	66/220 kV	44	64,75
Los Lagos	Corral (Puerto marítimo)	17	66/220 kV	51	75,05
Los Lagos	Puerto Montt	27	66/110/220 kV	58	85,35

Tabla 6: UBICACIONES PRIORITARIAS PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS UNDIMOTRICES Y PRODUCCIÓN ANUAL ESTIMADA DE UNA PLANTA DE 30 MW DE CONVERTIDORES PELAMIS, CUBRIENDO UN ÁREA DE 1 KM² (GARRAD HASSAN, 2009).

Un caso importante corresponde a los puertos ubicados en la región del Bío Bío, principalmente en la zona de Lota y Coronel, algunos kilómetros al sur de Concepción. En esta zona la actividad económica alcanzó su punto máximo a finales del 1800s y principios del 1900s debido a la actividad de la industria del carbón en la zona. Después de que fueran cerradas minas de carbón a fines del 1900, varias instalaciones fueron abandonadas, generándose desempleo y pobreza en la zona, pero dejando un fuerte legado de trabajo industrial y mano de obra calificada.

En este sentido los puertos de San Vicente y Coronel son considerados buenos candidatos, no sólo debido a la calidad del recurso cercano, sino también debido al potencial para la regeneración de la zona como resultado de los beneficios económicos asociados a las implementaciones de energía marina.

Por otro lado, cabe señalar que una parte importante de la industria del acero en Chile se encuentra en esa zona del Bío Bío, lo que podría ser un factor significativo al considerar la ubicación los proyectos en términos de cercanía de la cadena de suministro.

Respecto a la generación mareomotriz, los lugares más convenientes se encuentran en el sur del país. El estudio realizado por Garrad Hassan (2009) selecciona los lugares con mayor potencial, los cuales se presentan en la Tabla 7.

Se puede apreciar que el lugar más atractivo para el desarrollo de este tipo de proyectos se encuentra en el Canal de Chacao, el cual además de tener un excelente recurso marino, se encuentra cercano a líneas de transmisión y puertos.

Zona	Profundidad del agua (m)	Base de O&M	Distancia promedio a la subestación más cercana (ruta del cableado en km)	Red eléctrica más cercana (SIC)	Promedio de recurso mareomotriz local (kW/m ²)	Producción de energía para una planta mareomotriz de 30 MW (GWh/año)
Canal de Chacao	30–100	Cabo Forward o Pto. Montt	0–10	110/–220 kV	3,8–5,2	101–152
Golfo Corcovado	20–100	Cabo Forward o Pto. Montt	~60	66/–110 kV	0,72	19
Estrecho de Magallanes	50–70	Austral	none	none	3,6	99–126

Tabla 7: UBICACIONES PRIORITARIAS PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS UNDIMOTRICES Y PRODUCCIÓN ANUAL ESTIMADA DE UNA PLANTA DE 30 MW GENÉRICA (GARRAD HASSAN, 2009).

La mayoría de los otros lugares donde podría ser factible del desarrollo de proyectos mareomotrices son más bien aislados y si bien pueden afrontar algunas complicaciones en el desarrollo de los proyectos, el desarrollo de la energía marina puede ser visto como un aspecto estratégico en términos de independencia energética para islas aisladas que dependen del petróleo enviado desde el continente para su generación de energía.

Chacao está cerca de Puerto Montt, la ciudad capital de la región de Los Lagos y alberga una importante capacidad local de la cadena de suministro, y provee una gama de servicios para la pesca y plantas de procesamiento. Como tal, se considera que sería factible desarrollar una industria de servicios de energía marina en esta área, complementando la industria local existente.

En el otro lado del Canal de Chacao, la isla de Chiloé fue uno de los lugares en Chile con los mayores índices de desempleo previo al desarrollo del mercado de las pesqueras. Con las pesqueras, esta área ha demostrado su capacidad para construir una industria partiendo de cero, y por lo tanto, es también considerada factible desarrollar una nueva industria para apoyar la implementación de energía marina en la zona.

Actualmente, la mejor y única herramienta que proporciona una evaluación de los sitios más adecuados es el estudio realizado por Garrad Hassan (2009), aunque los estudios actualmente en curso (mencionados en la Sección 3.2) podrían proveer información crucial respecto al potencial presente en varios sitios.

Basándose en los resultados de estos estudios existentes y en los actualmente en curso, un estudio para dar aún mayor prioridad a las zonas más atractivas para los proyectos de energía marina podría ser un paso útil para empezar a centrarse en los sitios donde el desarrollo de los proyectos potenciales podría ser factible y beneficioso.

7.3 Estrategias posibles para el desarrollo de energía marina en Chile

Históricamente, en términos de energía (y en otros sectores, aunque con algunas notables excepciones), Chile ha tendido a ser un receptor más que un desarrollador de tecnologías. La cultura en el país ha estado enfocada

en la compra o adaptación de tecnologías desarrolladas en el exterior en lugar de invertir en I+D y jugar un papel más activo en el desarrollo de la tecnología.

Estudios han mostrado que el recurso de energía marina en Chile está entre los mejores del mundo. Ésta es una oportunidad que podría ser explotada, permitiendo a Chile desarrollar (y potencialmente, exportar) experiencia de liderazgo en este campo a nivel internacional.

Poner en marcha políticas para incentivar a empresas extranjeras a desarrollar proyectos de energía marina en Chile o para incentivar el establecimiento de una industria nacional para el desarrollo de tecnologías de energía marina requerirá importantes cambios regulatorios y mecanismos de apoyo a ser implementados por el Gobierno de Chile. Sin embargo, la industria presenta oportunidades significativas en términos de beneficios económicos para la economía chilena en su conjunto y, más específicamente, a la economía local y población en los lugares donde se desarrolla la industria o los dispositivos implementados.

Esta sección discute lo que Gobierno podría hacer con el fin de promover el desarrollo de la energía marina y ofrece una visión general de los impactos ambientales, económicos y sociales que se han observado en el Reino Unido y que son considerados positivos.

Las maneras con que el Gobierno chileno puede afrontar el desarrollo de energía marina pueden ser clasificadas en dos estrategias:

>> **Estrategia de desarrollo:** enfocada en dar soporte a la puesta en marcha de una industria para el desarrollo e implementación de tecnologías de energía marina en Chile. Esta estrategia requerirá un compromiso y apoyo importante por parte del Gobierno de Chile pero traerá consigo grandes beneficios para el país.

>> **Estrategia de implementación:** enfocada en poner las condiciones para apoyar la implementación de tecnologías de energía marina en Chile en algún momento en el futuro. Esta estrategia resultará en importantes beneficios para país y permitirá usar sus recursos. No obstante, las oportunidades para el desarrollo de una cadena de suministro, la exportación de tecnología y conocimientos especializados son mucho menores que con la estrategia de desarrollo.

Cabe mencionar que, si bien esta última estrategia implica esperar a que las tecnologías se desarrollen en el extranjero y el momento adecuado para que Chile invierta en importar tecnologías y conocimientos especializados, existen importantes pasos que deben tomarse. Estas acciones son esenciales para asegurar que el marco regulatorio y legislativo estén listos para facilitar este tipo de proyectos cuando llegue su momento.

En las siguientes secciones, se describen ambos enfoques, junto con acciones recomendadas que el gobierno debe tomar para asegurar su implementación. También se proporciona una visión general de los impactos sociales, económicos y ambientales que son complementados por el caso de estudio de las islas de Orkney en Escocia presentado en Anexo 1.

7.4 Estrategia de desarrollo

Esta estrategia consiste en que Chile tome medidas para asumir un papel activo en el desarrollo de tecnologías de energía marina. Se requiere una serie de cambios al marco regulatorio actual en Chile y que se presentan en las siguientes secciones.

Los cambios que se presentan no son los únicos que podrían ser implementados pero ilustran las oportunidades potenciales para Chile para apoyar el desarrollo de tecnologías de energía marina y la implementación haciendo ciertas modificaciones a sus leyes y procedimientos.

7.4.1 Cambios regulatorios necesarios

Para incentivar el desarrollo de la energía marina, se deben realizar cambios regulatorios en varios campos. Algunos de estos cambios se proponen a continuación (aunque la lista de sugerencias no es exhaustiva).

a. Regulación ambiental

En general, se observa que Chile cuenta con sistema de evaluación ambiental sólido y que funciona correctamente. Como tal, no se requieren grandes cambios para incorporar la evaluación de proyectos de energía marina. Sin embargo, se requiere cierta flexibilidad durante la implementación de los primeros

proyectos, ya que la falta de información puede causar dificultades significativas en el SEA(2) para aprobar el proyecto.

Junto con esta flexibilidad inicial, es fundamental la participación de profesionales calificados para mejorar el entendimiento actual de los efectos de los proyectos de energía marina en el medio ambiente. Una vez que se cuente con el personal adecuado, será posible crear una estructura completa de apoyo al medio ambiente y regulaciones para este tipo de proyectos y definir los criterios de evaluación a ser considerados.

Se considera útil un enfoque práctico de la evaluación ambiental estratégica, de forma similar a la utilizada en el Reino Unido, donde se realiza un análisis general de riesgos en el medio ambiente considerando el potencial de las diferentes áreas y declarando áreas prioritarias para el desarrollo de la energía marina. Este enfoque significa que las zonas prioritarias y sus perfiles ambientales sean más conocidos y comprendidos, haciendo el desarrollo de dicha área más simple y rápido en términos de la concesión de permisos para poner dispositivos en el agua. Sin embargo, a pesar de este enfoque, sigue siendo de vital importancia para llevar a cabo un monitoreo detallado de la operación de las implementaciones individuales y sus impactos.

Cambios importantes y necesarios al marco regulatorio chileno que ayudarían para apoyar el desarrollo de la energía marina serían flexibilidad respecto a la aplicación de las regulaciones a proyectos que están en sus etapas iniciales, compromiso con los profesionales ambientales para definir los criterios para la evaluación ambiental de los proyectos de energía marina, y la implementación de un proceso de evaluación ambiental estratégica para este tipo de proyectos. No obstante, estos cambios no son exclusivos y podrían ser implementados todos juntos, junto con una gama de otras opciones.

En línea con esto, y tal como fue destacado anteriormente, existen importantes beneficios al emplear un enfoque de gestión adaptativa para la regulación del sector de energía marina, con datos obtenidos de las primeras implementaciones formando las bases para informar futuras decisiones de regulación, legislación y políticas. Un enfoque de gestión adaptativa es particularmente apropiado con respecto a los impactos ambientales de tecnologías de energía marina.

b. Uso de terrenos y del fondo marino

i. Concesiones marítimas

Como en el caso con el medio ambiente, Chile tiene un sólido sistema que funciona correctamente en esta área. El único cambio requerido sería hacer la energía marina explícita en marco de concesiones y disminuir los costos de las concesiones para el periodo de investigación de un proyecto de energía marina, y potencialmente incluso extender esta disminución de costo al periodo operacional.

Tal como en el aspecto ambiental, es imprescindible capacitar a quiénes son los encargados de otorgar las Concesiones Marítimas, específicamente, a la Subsecretaría de Defensa Nacional del Ministerio de Defensa Nacional. De esta forma, al momento de presentarse solicitudes de concesiones marinas se tendrá conocimiento de este tipo de proyectos de generación, por lo que el otorgamiento de la concesión no se demorará por falta de conocimiento respecto a estos proyectos.

Una concesión marítima implica el pago por el uso de la superficie concedida, y como tal, el desarrollo de un instrumento mediante el cual un desarrollador pudiera ser exento del pago por un cierto período de tiempo podría proporcionar un soporte importante para el sector. En este sentido, hay una serie de potenciales opciones que podrían ser implementadas en línea con el marco legislativo en Chile. Éstos incluyen:

>> Uso de la categoría de destinación marina para arrendar las áreas a los desarrolladores de proyectos, aunque se requerirían algunos cambios en la legislación vigente. Actualmente, la categoría de destinación es sólo aplicable a instituciones del Gobierno, mientras que en este caso, se otorgaría a empresas privadas.

La categoría de destinación marina podría ser adjudicada a empresas privadas que trabajan en el desarrollo de la tecnología de la energía marina para los intereses del Gobierno, al menos para el periodo de desarrollo hasta que se logre un costo de la energía competitivo.

>> Siguiendo un enfoque similar al de las concesiones mineras. Según la regulación chilena existen dos tipos de concesión minera: concesiones de exploración y de explotación. Una concesión de exploración aborda la exploración de un área, mientras una concesión de explotación es adjudicada para comenzar la operación de una mina en un área específica.

De los dos tipos de concesiones, la concesión de exploración tiene un costo significativamente menor y una duración de dos años (extensible por un período adicional de dos años por la mitad del área solicitada en un principio), mientras que la concesión de operación tiene una duración ilimitada.

Un enfoque similar podría ser seguido para la energía marina: la adjudicación de las empresas de una concesión pequeña y barata para llevar a cabo investigación en un área específica, entonces, una vez que la compañía es capaz de desarrollar un proyecto, la concesión se otorga de manera similar a la normativa vigente, aunque el costo tendría que ser evaluado para asegurar que el proyecto siga siendo viable luego del cobro de la concesión.

El costo de las concesiones durante la operación de los proyectos de energía marina también puede ser revisado, aunque esto vendrá en una etapa posterior, dentro de algunos años.

En este sentido, podrían ser adaptadas y utilizadas acciones similares a las tomadas por el Ministerio de Bienes Nacionales para los proyectos eólicos. En un caso reciente el Ministerio se dio cuenta que las tarifas cobradas por el Gobierno para el uso de terrenos eran demasiado altos, haciendo que los proyectos eólicos sean económicamente inviables, por ello se tomaron acciones para reducir los cobros de uso de terreno cuando éstos eran usados para proyectos eólicos.

Un enfoque similar se puede seguir para las concesiones marinas, diferenciando tarifas por tipo de proyecto a ser desarrollado. Esto significa que las tasas actuales podrían seguir siendo utilizadas para actividades tales como la construcción de puertos, sin embargo, éstas podrían ser reducidas para los proyectos de energía marina.

ii. Uso de borde costero

No se esperan cambios importantes a las normas chilenas para el uso del borde costero, aunque es importante que la energía marina sea incluida en las planificaciones regionales de uso del borde costero.

Es importante considerar que el desarrollo de proyectos de energía offshore (tanto de energía eólica como marina) se les dé una consideración especial en los planes de zonificación para el uso de borde costero. Si bien, actualmente estos proyectos no son excluyentes en las zonificaciones ya realizadas (regiones de Coquimbo y Aysén), deben demostrar su compatibilidad con los usos preferentes ya determinados. Adicionalmente, existen áreas con atractivas condiciones para proyectos de energía marina que podrían prácticamente ser designadas como zonas de interés para este tipo de proyectos.

Tal como se comentó en el punto 6.1.1.a, a pesar de los recientes cambios en que un representante del ministerio de Energía ha sido invitado a la Comisión Regional de Uso de Borde Costero, es preocupante que éste no tenga derecho a voto, y que las empresas de generación no estén representadas.

La inclusión de un representante del Ministerio de Energía en la comisión regional constituye un paso importante para asegurar que el desarrollo de la energía marina sea considerado en el futuro. No obstante, es importante que se dé más énfasis a la representación del sector de energía marina en los procedimientos de zonificación espacial en Chile.

c. Incentivos / mecanismos de apoyo financiero para energías renovables

Uno de los aspectos más importantes en la decisión de fomentar el desarrollo de proyectos de energía marina, es el relacionado con el mercado eléctrico en el cual operará el proyecto. Tal como fue discutido anteriormente, Chile utiliza un sistema de cuotas para fomentar la inversión en energía renovable, facilitando la comercialización de Certificados de Energía Renovable con el fin de permitir que los actores del mercado cumplan con lo exigido por la normativa. Sin embargo, dado que este sistema

no diferencia por tecnología, el sistema no fomenta el desarrollo de las tecnologías menos maduras y por ende, más caras.

Un potencial mecanismo de apoyo financiero para fomentar tecnologías que están en etapas tempranas de desarrollo, como las tecnologías de energía marina, es seguir un camino similar al utilizado en el Reino Unido, en que los proyectos de energía marina reciben más ROCs por MWh de energía generada que los certificados emitidos por tecnologías convencionales. Una de las ventajas que tiene esta metodología es que produce menores alteraciones al mercado comparado con otras como las feed-in-tariff, o tarifas subsidiadas.

Otra alternativa que se podría implementar es un sistema de subastas como el implementado en Perú o Brasil, pero específico para proyectos de energía marina. La ventaja de un sistema como éste, es que al ser para un número limitado de proyectos, se pueden asignar tarifas que faciliten su rentabilidad, no generando de esta forma altos impactos en el mercado. Éste es un buen mecanismo para incentivar la inversión en proyectos pilotos que permitan conocer en mayor detalle la tecnología, su implementación y operación.

Desde una perspectiva distinta, un sistema de subastas se adecúa bien a los planes del Ministerio de Energía, el cual, en los últimos años, ha realizado licitaciones y proyectos pilotos para otras tecnologías de energía. Sin embargo, es importante destacar que usando este tipo de mecanismos se estará enfocando en el desarrollo de un número limitado de proyectos y por ende, no permitiendo beneficiar a Chile de la creación de una cadena de suministro, reducción de costos, y desarrollo de la tecnología como en otros mecanismos de soportes ya descritos.

En otros países se deben cumplir ciertas condiciones para que los proyectos puedan acogerse a los incentivos (o incentivos adicionales). Un ejemplo de ellos es Canadá, donde existe un sistema de tarifas subsidiadas con diferentes tasas para distintas tecnologías de energía renovable, y donde la estructura de tarifas ha sido cuidadosamente diseñada para asegurar que los proyectos sean elegibles para una tarifa más alta si han sido desarrollados utilizando recursos locales (Ontario Power Authority, 2011).

Con un diseño cuidadoso cualquier mecanismo de soporte implementado para dotarlos con características de esta naturaleza podría ser una forma útil de promover el desarrollo de una cadena de suministro de energía marina en Chile, fomentando a los desarrolladores a utilizar los suministros de la industria local o de mano de obra de una cierta zona del país.

7.4.2 Discusión sobre modelo de desarrollo; proyectos pilotos, centros de prueba y otras opciones

Es importante destacar que, incluso si el gobierno de Chile decide aplicar la estrategia de **desarrollo** descrita y hacer los cambios normativos necesarios, todavía hay un gran número de alternativas respecto a las políticas que se pondrán en marcha para apoyar al sector. Éstos incluyen el establecimiento de un centro de pruebas, proyectos piloto, programas de I + D dirigidos, y mecanismos de demanda del mercado. En las secciones siguientes se presentan y discuten los modelos de desarrollo disponibles y las opciones de políticas de apoyo. Es importante señalar que las distintas opciones presentadas no son mutuamente excluyentes, y el mejor camino a seguir para Chile probablemente sea el de seleccionar y desarrollar un conjunto de políticas diseñadas para apoyar el sector a través de diversas etapas de desarrollo.

En secciones anteriores se han presentado y discutido los principales sistemas de fomento a las energías renovables. Estos sistemas están enfocados principalmente en incentivos que fomenten la inversión desde un punto de vista de mercado eléctrico, sin embargo, es importante destacar que junto a mecanismos como la demanda de mercado (como las Obligaciones Renovables en UK), que causan distorsiones en el mercado, hay una serie de modelos que no implican necesariamente un cambio estructural en el sistema de incentivos. Éstos incluyen el desarrollo de proyectos de energía marina a través de proyectos piloto o de un centro de pruebas, los que incentivan el desarrollo de este tipo de proyectos y generan conocimiento sobre la aplicación de tecnologías emergentes en Chile.

En la sección 6.1 se presentó la importancia de asegurar un balance entre los mecanismos de fomento a las tecnologías (technology push) y de demanda de mercado (market pull). De la misma manera, es

importante mencionar que cualquiera sea la estrategia de desarrollo en Chile, este balance siempre debe estar presente de manera de asegurar un desarrollo efectivo del sector para lograr llegar a un costo competitivo con otras formas de generación.

En las siguientes secciones se presenta una breve revisión y discusión sobre algunos modelos de desarrollo disponibles.

a. Proyectos piloto

Fomentar el desarrollo de proyectos pilotos representa una manera en que el gobierno podría apoyar el sector de la energía marina e incentivar el desarrollo de este tipo de proyectos en el país. Dada la inmadurez de estas tecnologías, estos proyectos no lograrían financiarse a precios actuales de mercado, por lo que será necesario subsidiar estos proyectos pilotos. Estos subsidios podrían tener variados orígenes, como subsidios directos a la inversión, o subsidios a las tarifas de venta de energía.

Por otro lado, dada la inexperiencia en este tipo de proyectos en los distintos entes regulatorios involucrados, y considerando que éstos serían los primeros proyectos en ser implementados en Chile, sería conveniente que los permisos del sitio a ser licitado para el desarrollo del proyecto piloto, sean obtenidos por el Estado o que se den al desarrollador todas las facilidades para la obtención de éstos.

Cabe mencionar que la implementación de proyectos pilotos tiene como principal objetivo dar a conocer la tecnología al mercado, por lo que no es una estrategia que traiga consigo el desarrollo de la industria local, ya que si sólo se incluye una pequeña cantidad de proyectos la industria local no verá mayor desarrollo. Para ello se necesita una cantidad mayor de proyectos.

Un modelo posible de seguir, y que se presentaría como una proyección futura de estos primeros proyectos pilotos, es que en las licitaciones (asumiendo que éste sería el proceso de adjudicación) posteriores se vaya aumentando la capacidad del proyecto con el objetivo de ir generando economías de escala y generando mayor conocimiento en etapas futuras. Para esto es necesario que en las licitaciones se incluyan proyectos de un volumen tal que pueda existir una producción en serie, y con ella una reducción del costo de los suministros necesarios y un desarrollo de la cadena de suministro.

En este sentido, una la estrategia de proyectos piloto que incluya al menos decenas de MW a ser instalados posiblemente signifique beneficios a escala local, y un cierto desarrollo de la cadena de suministro local.

Con este mecanismo también se podría implementar una exigencia a los proponentes de trabajar con proveedores locales, de manera de potenciar la industria local y generar conocimiento a los servicios asociados a este rubro.

b. Centro de pruebas

Como se pudo apreciar en el caso de estudio de Orkney (Anexo 1), la implementación y puesta en marcha de un centro de pruebas para dispositivos generadores de energía mediante olas y corrientes marinas trae consigo una gran inversión inicial, además de subsidios durante su operación hasta que el centro logre hacerse sustentable económicamente. Para llegar a ese punto pueden transcurrir varios años (7 años en el caso de Orkney), por lo que el ente que entregue el financiamiento debe estar dispuesto a mantener el centro por un período de tiempo relativamente largo.

Todo esto podría no ser conveniente en un país como Chile, dado el alto riesgo asociado a la implementación de un centro de pruebas por:

- >> La alta inversión inicial
- >> La incertidumbre en el período de tiempo en que la operación del centro debiese ser financiada.

Además, la cantidad de recursos necesaria para el establecimiento de un centro de pruebas es considerable, y un país como Chile puede tener otras prioridades para sus fondos.

Es claro que las instalaciones del EMEC han requerido un importante y sostenido apoyo del gobierno, y que las instalaciones cubren de manera completa las pruebas, demostración y acreditación en el sector de energía marina. A pesar de que es probable que tenga un valor limitado el replicar en Chile estas instalaciones, sin duda hay lecciones útiles que se pueden aprender y aplicar a un potencial centro de implementación en Chile.

Más que duplicar las funciones que actualmente están bien abordadas y cubiertas por otras instalaciones, es importante para cualquier iniciativa chilena complementar las actividades que actualmente se están llevando a cabo en el sector.

En este sentido, el establecer un centro de pruebas, de desarrollo o de implementación en Chile podría ser una opción positiva en el sentido que incrementaría las oportunidades para desarrollar una cadena de suministro, y ayudaría a los desarrolladores de tecnología a afrontar los desafíos de instalar sus dispositivos en un lugar donde la energía marina disponible es mayor a donde los han probado hasta ahora. Además, dar la oportunidad a los desarrolladores de tecnología de probar sus equipos en lugares más energéticos, con diferentes disposiciones (o arreglos) y desafíos puede significar una oportunidad importante para probar y refinar la adaptabilidad, confiabilidad y resistencia general de sus dispositivos.

El establecimiento de un centro de investigación está también relacionado con el desarrollo de conocimiento, know-how, I+D y capital humano. En este sentido, sería beneficioso e importante establecer acuerdos de cooperación con otros países o centros de investigación con el fin de continuar con el desarrollo de la tecnología en lugar de replicar lo que ya se ha logrado en otros centros.

c. Apoyo financiero a la demanda del mercado

Poner en marcha un completo mecanismo a nivel nacional de apoyo financiero a la demanda de mercado para la energía marina es una posibilidad que puede funcionar, y la forma más común de hacerlo es estableciendo un sistema de subvención a la tarifa. Un aspecto importante para esta opción es que el hacerlo podría crear una demanda de energía marina descontrolada, con un costo considerable para el gobierno y haciendo que el mercado se enfoque más en la velocidad de implementación que en el desarrollo de la tecnología.

Si bien, ésta puede ser una opción viable, posiblemente no es la mejor, ya que no considera el equilibrio entre la demanda del mercado y el empuje tecnológico.

d. Programas de I+D

Existen muchas maneras de fomentar el desarrollo de tecnologías de energía marina, y no es el propósito de este informe promover uno de ellos, pero sí destacar los beneficios de invertir en el desarrollo de la tecnología. En este sentido, aunque los centros de pruebas o proyectos piloto son las opciones más comunes de desarrollo, no son las únicas que podrían ser consideradas o implementadas.

El implementar un programa de I+D enfocado representa un mecanismo de apoyo muy valioso, el que podría seguir un enfoque similar al que el Ministerio de Energía ha implementado para el desarrollo de biocombustibles en Chile, el que consiste en conformar consorcios para el desarrollo de biocombustibles de segunda generación.

El Ministerio de Energía en conjunto con Corfo están invirtiendo más de US\$30 millones en el financiamiento de la investigación de 3 consorcios en este tema, los que están conformados principalmente por empresas privadas trabajando en conjunto con universidades. Los consorcios reciben apoyo del gobierno para I+D de estos combustibles, y tienen un plazo de 5 años para realizar toda su investigación y finalizar su programa con la producción de biocombustibles de segunda generación (Electricidad Interamericana, 2010).

Para el caso de la energía marina, este enfoque también se podría implementar, aunque se debería adaptar para que cumpla con las necesidades de la energía marina, específicamente para producir desarrollo en varias tecnologías, y no sólo en las promovidas por los consorcios que se adjudiquen el financiamiento.

Es importante notar que estas estrategias de desarrollo no son exclusivas, y posiblemente la mejor opción sea una combinación de ellas. Por ejemplo, en UK el gobierno ha escogido tanto invertir en un centro de pruebas como instaurar un sistema de demanda de mercado específico para la energía marina, además de financiar un número significativo de programas de I+D especialmente enfocados en energía marina.

Como conclusión preliminar, se pueden seguir varios caminos para hacer que Chile tome un rol más activo en el desarrollo de tecnologías para energía marina, y para implementar una estrategia de **desarrollo**. Por ello, si el gobierno de Chile decide implementar esta

estrategia hay una oportunidad importante para estudiar más a fondo las opciones de desarrollo, y llegar así a una combinación de medidas de apoyo para llevar a Chile por el camino del desarrollo.

7.5 Estrategia de implementación

Esta estrategia significa que Chile tome un rol pasivo respecto al desarrollo e implementación de tecnologías de generación eléctrica a partir de energía marina, esperando algún momento futuro en que los costos asociados se vuelvan competitivos respecto a otras formas de generación.

Si Chile decide implementar esta estrategia de implementación y esperar a que la energía marina alcance un nivel de desarrollo que la haga competitiva con otras fuentes de energía, de todas formas será necesario realizar una significativa cantidad de cambios regulatorios que fueron propuestos en la sección 7.4.1. Estos cambios serán necesarios a pesar de la no existencia de proyectos de energía marina en Chile en la actualidad, de manera de facilitar su implementación en un tiempo futuro.

7.5.1 Cambios regulatorios necesarios

En esta sección se resumen los cambios necesarios que fueron detallados en la sección 7.4.1.

a. Regulación ambiental

Es de suma importancia que la SEA(2) tenga la capacidad técnica para la evaluación de los proyectos presentados. Respecto a lo anterior, es necesario contar con profesionales ambientales, los cuales determinen las bases de los requerimientos a exigir a los proyectos futuros. Será necesario un trabajo a gran escala con las universidades del país para alcanzar los niveles de experiencia requeridos.

Se debieran crear guías medioambientales para los desarrolladores de proyectos, como las que el CER ha publicado para pequeñas centrales hidroeléctricas o proyectos eólicos, aunque éstas deben ser elaboradas en una etapa futura, cuando exista una serie de proyectos de este tipo implementados en el extranjero, y se haya

acumulado un cierto nivel de experiencia, con el que habrá mayor cantidad de información disponible acerca del impacto de estas tecnologías en el medioambiente.

Al tiempo que los proyectos hayan alcanzado un costo de mercado habrá suficiente experiencia en otros países a partir de la cual sentar las bases para las evaluaciones. La flexibilidad de criterios para los primeros proyectos no será tan importante entonces como la aceptación de basar los análisis en experiencias extranjeras.

b. Uso de terrenos y del fondo marino

i. Concesiones marítimas

En este caso, no serán urgentes los cambios necesarios al actual sistema de concesiones marítimas desde el punto de vista del desarrollo del proyecto, aunque pudieran ser beneficiosos desde la perspectiva de la investigación acerca de los recursos.

Por ello, la implementación de algunas modificaciones puede ser beneficiosa en un futuro cercano:

- >> Las instituciones que se encargan de las concesiones marinas deberían ser informadas e instruidas para asegurar que estén capacitadas para entregar las porciones correctas de fondo marino para su desarrollo y/o investigación.
- >> El costo de las concesiones marinas debe ser revisado. Actualmente está determinado por el tipo de actividad, lo que puede volverse muy costoso para proyectos de energía. Respecto a esto, el costo de este tipo de concesiones debe revisarse en términos de área a utilizar por los proyectos de energía marina, sus costos, factores de planta, ingresos, y los retornos a la inversión esperados de un proyecto estándar. La solución adoptada por el MBN en la reducción de precios de terrenos para proyectos eólicos es un buen ejemplo a seguir en este sentido.
- >> Otras estructuras de concesiones marinas pueden ser implementados, tales como un uso más extensivo de la Destinación Marina (con los cambios necesarios), o un esquema similar al de las concesiones mineras, ambos explicados en la Sección 7.4.1.

ii. Uso de borde costero

Si la decisión es esperar hasta que se logre un costo competitivo de energía será importante estudiar en más detalle y entender el recurso a lo largo de la costa chilena, esto para guardar áreas atractivas disponibles para proyectos de energía marina. Al respecto, algunas recomendaciones son:

- >> Desarrollar estudios más detallados del recurso a lo largo de la costa de Chile para seleccionar y guardar potenciales áreas para proyectos de energía marina. La ubicación de los proyectos debe considerar el recurso y los planes futuros de construcción de infraestructura energética; nuevos proyectos cerca de la costa, líneas de transmisión, subestaciones y centros de demanda entre otras consideraciones.
- >> Dar poder de voto al representante del Ministerio de Energía en la Comisión Regional del Uso del Borde Costero, e incluir a las empresas generadoras en esta comisión.
- >> Como resultado del punto anterior, incluir proyectos de energía marina en los planes de zonificación regional.

c. Incentivos / mecanismos de apoyo financiero para energías renovables

En este caso no se necesitarían cambios en el mercado eléctrico, específicamente en lo relacionado a mecanismos de apoyo financiero, ya que bajo este escenario se considera que las tecnologías de energías marinas entrarían al mercado una vez que hayan alcanzado precios competitivos con otras fuentes de energía.

Para resumir esta sección, la Tabla 8 incluye las recomendaciones clave presentadas para las estrategias de desarrollo y de implementación.

	Estrategia de Desarrollo	Estrategia de Implementación
Delineamiento de la Estrategia	Chile se convierte en un desarrollador de tecnología, implementa mecanismos de apoyo para la energía marina y se beneficia de los significativos impactos económicos asociados.	Chile espera que la tecnología sea desarrollada en el extranjero e importa los equipos cuando el costo de energía resulte competitiva con otras formas de generación.
Delineamiento de la Estrategia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modificar la regulación de: <ul style="list-style-type: none"> >> Concesiones marinas; >> Uso del Borde Costero; >> Aspectos Ambientales (específicos para energía marina). 2. Implementar mecanismos de apoyo financiero para la producción de energía marina. 3. Establecer una estrategia de desarrollo basada en una combinación de mecanismos de apoyo financiero, programas focalizados de I+D, proyectos piloto, un potencial centro de pruebas, entre otras medidas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modificar la regulación de: <ul style="list-style-type: none"> >> Concesiones marinas; >> Uso del Borde Costero; >> Aspectos Ambientales (específicos para energía marina).

TABLA 8: RESUMEN DE ACCIONES A LLEVAR A CABO PARA LAS ESTRATEGIAS DE DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN.



08 | Conclusiones y recomendaciones



>> Este informe ha reunido y examinado abundante información sobre el potencial de energía marina, el estado actual del desarrollo de la tecnología y sus costos, el marco regulatorio en Chile y las formas en que los proyectos de energía pueden ser incorporados en él, reglamentos extranjeros e incentivos que pueden utilizarse al respecto, y esquemas generales de desarrollo.

Se han podido obtener varias conclusiones en relación con las posibles maneras en que la energía marina podría desarrollarse en Chile. En esta sección se presentará una serie de conclusiones generales sobre el desarrollo de energías marinas en Chile:

- >> El borde costero de Chile tiene uno de los potenciales más altos del mundo para la producción de energía marina y representa una oportunidad prometedora para el desarrollo de estas tecnologías. En términos específicos, el potencial de energía undimotriz es mayor que el de energía mareomotriz, aunque el potencial de éste último sea aún alto.
- >> Existe un cierto nivel de actividad en Chile para evaluar el potencial a través de una serie de estudios en curso. Aunque estos estudios son necesarios y representan un buen punto de partida, son insuficientes si el potencial debe ser desarrollado en el corto plazo.
- >> Alrededor del mundo existe un activo desarrollo de dispositivos para convertir la energía marina en electricidad. Los dispositivos han demostrado que funcionan, sin embargo, sus costos siguen siendo superiores a las tecnologías convencionales.

- >> Se considera que en el corto plazo el costo de los dispositivos disminuirá significativamente, sin embargo, para que el costo de la energía que producen llegue a un nivel competitivo se requiere más tiempo, ya que se necesita de la implementación y la investigación para lograr este objetivo. Se prevé que la energía producida por dispositivos marinos debería convertirse en competitiva con otras formas de generación en el mediano o largo plazo.
- >> Chile tiene capacidad industrial en variadas industrias que podría proporcionar importantes recursos para una cadena de suministro de energía marina, en caso que esto llegara a desarrollarse en el país. Si la capacidad industrial necesaria no existe localmente, Chile también puede utilizar la fuerte capacidad industrial de países vecinos en la región, especialmente Argentina y Brasil, en sectores importantes donde su industria no está tan desarrollada.
- >> Aunque los costos en la actualidad son elevados, en varios países (especialmente en el Reino Unido y Escocia) se ha observado que implementar sistemas para apoyar el desarrollo de estos tipos de tecnologías resulta en importantes impactos positivos, tanto sociales como económicos. Estos impactos están principalmente relacionados con la industria creada en torno a la energía marina, que implica la creación de puestos de trabajo y de una cadena de suministro de productos y servicios requeridos por la industria.
- >> Teniendo en cuenta todos los aspectos planteados, el Gobierno de Chile debe decidir si admitir implementaciones y/o desarrollos de energía marina en Chile. Si se decide que Chile debe adoptar un rol activo en el desarrollo de tecnología y que la energía marina debe apoyarse, deberían aplicarse varios cambios en el marco normativo y evaluarse los mecanismos de apoyo a ser implementados para apoyar al sector. Si el gobierno decide no invertir en el desarrollo de la industria de energía marina en Chile, todavía existe una oportunidad para efectuar algunos cambios en el marco regulatorio, a fin de acomodar mejor los proyectos de energía marina (en la actualidad ellos no son considerados en el marco regulatorio). Esto será importante si Chile pretende capitalizar los beneficios de las implementaciones de energía marina en el futuro.
- >> Aunque se necesitaría apoyo financiero del gobierno de Chile para ejercer un rol más activo en el desarrollo de la tecnología de energía marina, dicho apoyo no debe ser descartado debido a los impactos positivos en la industria local y a que la creación de empleo es importante. Las experiencias de diversos países de tales beneficios han sido presentadas en este informe y pueden servir como referencia.
- >> Si se adopta la decisión de establecer mecanismos de apoyo financiero para apoyar la energía marina, el Gobierno chileno debe considerar:

 - Los mecanismos de apoyo necesarios para garantizar el suficiente interés de mercado para crear una cadena de suministro. Si el apoyo es insuficiente, la industria no se desarrollará y los beneficios sociales y económicos asociados con la tecnología descrita en este informe no se materializarán en Chile.
- >> El marco regulatorio chileno se observa como lo suficientemente flexible para poder incorporar proyectos de energía marina (tanto undimotrices como mareomotrices). Sin embargo, deben aplicarse algunas modificaciones a fin de facilitar este proceso y familiarizar a las diferentes instituciones reguladoras y procesos con proyectos de energía marina a fin de facilitar la implementación de estos proyectos. Las experiencias de diferentes países de dichos beneficios se han presentado en este informe y pueden servir como referencia.

- Los mecanismos de apoyo deben ser diseñados para evitar compromisos permanentes con respecto a las tecnologías específicas. Por ejemplo, diseñar los mecanismos de apoyo para reducir el apoyo cuando se reduzcan los costos en el sector o una vez que se ha desplegado una determinada cantidad de capacidad instalada de energía marina podría evitar el riesgo de gasto excesivo y prestar mayor apoyo del requerido.
- Existe gran número de diferentes mecanismos de apoyo que podrían utilizarse para apoyar al sector, algunos de los cuales han sido explicados. Sin embargo, es importante tener una comprensión integral de las inversiones en el sector para que los mecanismos de apoyo introducidos proporcionen la cantidad adecuada de apoyo para hacer viables los proyectos.

>> Se han presentado en el informe varios posibles mecanismos de apoyo y caminos de desarrollo de energía marina (incluyendo proyectos piloto, centros de pruebas, programas específicos de I+D y mecanismos de demanda del mercado). Todas estas opciones tienen inconvenientes y beneficios, y, por lo tanto, es importante investigar las diferentes opciones de soporte en mayor profundidad para determinar la combinación óptima para apoyar el sector de la energía marina en Chile.

Estas conclusiones conducen a una serie de recomendaciones para el gobierno chileno a fin de evaluar si sería beneficioso para Chile apoyar el desarrollo de la energía marina:

>> A fin de complementar los estudios de recursos de energía marina actual, debe hacerse una selección detallada de sitios para el desarrollo de los primeros proyectos. El primer intento en este sentido fue el estudio de Garrad Hassan (2009), sin embargo, esto debe complementarse con las mediciones de recursos ya en curso y planes futuros de desarrollo de infraestructura por parte del gobierno.

Esta selección detallada también puede seguir el enfoque de Nueva Zelanda en el estudio de proyectos de Power Limited (2008), que desarrolla planes para el país con respecto al recurso disponible y el desarrollo de tecnologías locales y extranjeras, elaborando una lista corta de sitios potenciales. Este estudio puede ser de especial interés para Chile, ya que como país es similar en tamaño geográfico y económico.

- >> El personal del gobierno, especialmente en el SEA(2) y las áreas responsables de asignar concesiones marinas, debe estar capacitado para familiarizarse con la naturaleza de un proyecto de energía marina, asegurando su capacidad de hacer evaluaciones y juicios precisos cuando un proyecto está solicitando los permisos necesarios.
- >> Los reglamentos mencionados en este informe deberían modificarse para que puedan adaptarse mejor a los proyectos de energía marina. Los cambios descritos no se consideran grandes cambios, pero deben hacerse a fin de facilitar la incorporación de estos proyectos. Otras modificaciones más allá de las indicadas pueden ser importantes, sin embargo los cambios propuestos representan un buen punto de partida.
- >> El costo de las concesiones marinas para proyectos de energía debería ser revisado y posiblemente rebajado. En este sentido se podría seguir el ejemplo de la reducción del Ministerio de Bienes Nacionales en el costo del uso de terrenos para proyectos eólicos.
- >> La energía marina debe incluirse al planificar el uso de las zonas costeras. Como tal, un representante del Ministerio de Energía debería participar en la Comisión Nacional sobre el uso del Borde Costero y debería tener los derechos a voto. Asimismo, la energía marina debe considerarse en los planes regionales para el uso del borde costero.

- >> Se podría llevar a cabo una evaluación de impacto social y económico en áreas específicas. Las áreas candidatas son los puertos alrededor de Concepción (San Vicente, Lota, Coronel) y las ciudades cercanas al canal de Chacao (Puerto Montt y Ancud). Esto proporcionaría al gobierno una herramienta importante para decidir si apoyar las energías marinas es un atractivo para la inversión en términos de los potenciales beneficios para Chile.
- >> Los mecanismos de apoyo financiero para apoyar al sector deben analizarse en relación con los resultados de la evaluación del impacto social y económico. Si el impacto es mayor que el apoyo financiero requerido por el gobierno, debería implementarse un plan para el desarrollo de las energías marinas. Es importante destacar que los mecanismos de apoyo financiero implementados deberían ser analizados a fin de tener en cuenta la situación del país y sus prioridades. En otros países, el diseño de mecanismos para la generación de energía renovable ha causado importantes distorsiones de mercado, resultando en un gasto excesivo del gobierno y, en algunos casos, problemas de liquidez.
- >> El gobierno debe producir una hoja de ruta para el desarrollo de la energía marina; ésta debería establecer los objetivos y el rol que el gobierno desempeñaría en el desarrollo de las energías marinas, en caso de optar por fomentar su desarrollo.

la tecnología. Aunque existen incertidumbres en relación con el costo de producir electricidad a partir de la energía marina, el potencial de reducción de costos es alto y los beneficios socio-económicos en el sector que podrían crear para Chile son significativos. Por lo menos, existe una gran oportunidad para crear las condiciones para facilitar la implementación de energía marina en el futuro y la explotación del gran recurso que existe en Chile. Sin embargo, más allá de esto, existe una oportunidad importante para Chile para adoptar un rol activo en el desarrollo de la tecnología de energía marina, y esto debería ser objeto de una evaluación profunda, seria, de gran alcance y enfocada a nivel nacional.

En definitiva, el potencial está ahí: sólo depende de Chile decidir qué estrategia desea implementar a la luz de las importantes oportunidades presentadas por este recurso.

Todas estas conclusiones y recomendaciones son el resultado de una amplia recopilación de información y pueden servir de orientación para el desarrollo de energías marinas en Chile.

La principal conclusión de esta evaluación es que existe una oportunidad para el desarrollo de energía marina, y una oportunidad para Chile de cambiar su tendencia histórica para ser un adoptador/comprador de tecnología y tomar un rol más activo en el desarrollo de

Referencias

- >> Aiken, Chris. 2008. Numerical results of an oceanographic flow model. *Pontificia Universidad Católica de Chile, based in Valparaíso*. Figure 3 taken from Garrad Hassan report (2009)
- >> Allan, G., McGregor P.G., Stallard, T., Swales, J.K., Turner, K.R. & Wallace, R., 2008. Concurrent and legacy economic and environmental impacts from establishing a marine energy sector in Scotland. *EnergyPolicy* 36 2734–2753.
- >> Agencia Nacional do Petróleo, Gas natural e Biocombustíveis. Statistics available at <http://www.anp.gov.br/?pg=59236&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1329926336264>
- >> Aquamarine Power, 2011. Presentation at Conferencia Regional sobre Energía Marina, CEPAL, Santiago, Chile.
- >> Aquatera, 2011. Presentation at Conferencia Regional sobre Energía Marina, CEPAL, Santiago, Chile.
- >> Atlantis Resources Corporation. Map of Potential Areas for Tidal Resources. Available at www.atlantisresourcescorporation.com
- >> AVISO. 2000. Sun and Moon shape tides on Earth. *AVISO: Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data*
- >> Barroso, L., Rudnick, H., Sensfuss, F., & Linares, P., 2010. The Green Effect. *IEEE Power & Energy Magazine*. Available at: <http://www.systep.cl/documents/GreenEffect.pdf>
- >> Battin, J., 2004. When good animals love bad habitats. *Conservation Biology*, 18(6), pp. 1482-1491.
- >> Boud, R., 2009. Entec UK Ltd.
- >> Canada's Marine Renewable Energy Technology Roadmap Steering Committee, 2011. Charting the course.
- >> Carbon Trust, 2011, Accelerating Marine Energy. Available at: <http://www.carbontrust.co.uk/Publications/pages/PublicationDetail.aspx?id=CTC797>
- >> Central Energía, 2010. Feed-In-Tariff. Publication extracted from: <http://centralenergia.cl/2010/07/13/feed-in-tariff/>
- >> Central Energía, 2010. Feed-In-Tariff. Publication extracted from: <http://centralenergia.cl/2010/07/21/sistema-de-cuotas-%E2%80%93-renewable-portfolio-system/>
- >> CER, Boletín Mensual Enero 2012.
- >> Charlier, R.H., Justus J.R., 1993. Ocean Energies: Environmental, Economic and Technological Aspects of Alternative Power Sources. Elsevier Oceanography Series, Amsterdam, The Netherlands
- >> Cienfuegos, R., 2011. Presentation of Project "Evaluación del Recurso Energético Asociado a Corrientes Mareales para la Selección e Implementación de Dispositivos de Recuperación de Energía". Taller Internacional sobre el Estado Actual de la Investigación Científica en Energías Marinas. Julio, 2011. Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile. Available at: <http://web.ing.puc.cl/~energiasmarinas/descargas/presentaciones/CienfuegosFONDEFD09i1052.pdf>
- >> Cruz, Joao. 2008. Ocean Wave Energy; Current Status and Future Perspectives. *Springer Verlag, Heidelberg, Green Energy and Technology*

- >> DECC, Department of Energy and Climate Change, 2011. Draft UK Offshore Energy SEA published in February 2011. Available at: http://www.offshore-sea.org.uk/consultations/Offshore_Energy_SEA_2/OESEA2_NTS.pdf
- >> DEFRA, Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2011. UK Government Marine Policy Statement. Available at: <http://archive.defra.gov.uk/environment/marine/documents/interim2/marine-policy-statement.pdf>
- >> Department of Communications, Marine and Natural Resources, 2005. Ocean Energy in Ireland.
- >> Denniss, T. 2005. Comparing the Variability of Wind Speed and Wave Height Data. *Energetech Australia Pty Ltd. Sidney.*
- >> DTI, Department of Trade and Industry, 2000, Financing Renewable Energy Projects: A guide for developers. Available at: <http://www.eec.us.com/fin/bizplan/guide.pdf>
- >> ECONorthwest, 2009. Economic Impacts of Wave Energy to Oregon's Economy.
- >> ElectricidadInteramericana magazine, news available at http://www.revistaei.cl/revistas/imprimir_noticia_neo.php?id=843
- >> EU-OEA, European Ocean Energy Association, 2010. Oceans of energy, European Ocean Energy Roadmap 2010-2050.
- >> EU-OEA, European Ocean Association web page. 2012. <http://www.eu-oea.com/>
- >> Evans, E., 2007. Derecho Eléctrico, *Editorial Lexis Nexis, Second edition.*
- >> Garrad Hassan. 2009. Preliminary site selection – Chilean Marine Energy Resources.
- >> Herrera, R., Vásquez, J., Cienfuegos, R., Olivares, M. 2010. Análisis de Factibilidad Técnico-Económico del Recurso Energético Asociado a las Corrientes de Marea en el Canal del Chacao.
- >> Highlands and Islands Enterprise. www.hie.co.uk
- >> INH, Instituto Nacional de Hidráulica, 2011. Presentation of Project "Catastro del recurso energético asociado a oleaje para el apoyo a la evaluación de proyectos de generación undimotriz". Taller Internacional sobre el Estado Actual de la Investigación Científica en Energías Marinas. Julio, 2011. Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile. Available at: <http://web.ing.puc.cl/~energiasmarinas/descargas/presentaciones/ZamoranoInnovaCorfo.pdf>
More info at http://www.inh.cl/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=98&Itemid=13&1d98762407ea23cb94ea1218f1772476=hrbjhlmg
- >> Instituto Argentino del Petróleo y del Gas. Statistics available at <http://www.iapg.org.ar/estadisticasnew/>
- >> Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 2011. Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Lewis, A., S. Estefen, J. Huckerby, W. Musial, T. Pontes, J. Torres-Martinez, 2011: Ocean Energy. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- >> International Energy Agency, 2009. Presentation in the World Energy Outlook.

-
- >> Marine Scotland, 2010.Scottish Government, Pentland Firth and Orkney Waters Marine Spatial Plan Framework and Regional Locational Guidance for Marine Renewable Energy. Available at: <http://www.scotland.gov.uk/Resource/Doc/295194/0115355.pdf>
 - >> MEG, Marine Energy Group, 2009. Marine Energy Roadmap. *Forum for Renewable Energy Development in Scotland*.
 - >> Ministerio de Minería. Statisticsavailable at <http://www.minmineria.gob.cl/574/w3-propertyvalue-1982.html>
 - >> MMA, Ministerio del Medio Ambiente. Figure available at <http://www.mma.gob.cl/1257/w3-propertyvalue-16001.html>
 - >> Monárdez, P., Acuña, H. and Scott, D., 2008. Evaluation of the Potential of Wave Energy in Chile. *ASME 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering OMAE 2008, Estoril, Portugal*.
 - >> Monárdez, P., Acuña, H. and Zimmer, D. 2011. Metodología de elaboración de mapas de energía undimotriz en aguas intermedias y someras. *XX Congreso Chileno de IngenieríaHidráulica 2011*.
 - >> Mueller, M., Jeffrey, H., Wallace, R. and Von Jouanne, A. 2010.Centers for Marine Renewable Energy in Europe and North America. *Oceanography, Vol. 23, No 2.42-52*.
 - >> NASA, 2006. TOPEX/Poseidon: Revealing Hidden Tidal Energy. NASA Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio, Greenbelt, Maryland. Available at: svs.gsfc.nasa.gov/stories/topex/
 - >> NNMREC, Northwest National Marine Renewable Energy Centre. University of Washington.Avaliable at <http://depts.washington.edu/nnmrec/overview.html>
 - >> Ocean Energy Systems (OES), International Energy Agency, 2011.An International Vision for Ocean Energy.
 - >> Ocean Renewable Energy Coalition, 2011.U.S. Marine and Hydrokinetic Renewable Energy Roadmap.
 - >> Ontario Power Authority, 2011. Feed-In Tariff Program Fit Rules, Version 1.5.1. Avaliable at http://fit.powerauthority.on.ca/sites/default/files/FIT%20Rules%20Version%201%205%201_Program%20Review.pdf
 - >> OpenStreet Map. Available maps at www.openstreetmap.org
 - >> Orkney Islands Council, 2010.Orkney Economic Review 2010.
 - >> Orkney Islands Council. www.orkneyharbours.com/flotta_terminal.asp
 - >> ORECCA, 2011, Offshore Renewable Energy Roadmap.www.orecca.eu/roadmap
 - >> OSINERGMIN, 2011. Presentationcalled "PERÚ: SUBASTA DE ENERGÍAS RENOVABLES". November, 2011.
 - >> Power Projects Limited, 2008. Development of Marine Energy in New Zealand.

-
- >> Relini, G., Relini, M., Montanari M., 2000. An offshore buoy as a small artificial island and a fish-aggregating device (FAD) in the Mediterranean. *Hydrobiologia*, 440(1), pp. 65-80.
 - >> Renewable UK, 2011. Wave and Tidal Energy in the UK, State of the Industry Report. March, 2011.
 - >> Scottish Government, 2011. Information about Saltire Prize available at <http://www.scotland.gov.uk/Topics/Business-Industry/Energy/Action/leading/saltire>
 - >> Seanergy, 2011. 2020 UK Factsheet. Available at: http://www.seanergy2020.eu/wp-content/uploads/2011/09/110419_SEANERGY_FactSheet_United-Kingdom_final.pdf
 - >> SQWenergy, 2010. Economic study for Ocean Energy Development in Ireland.
 - >> US DOE, US Department for Environment 2009. Marine and Hydrokinetic Technology Database. www.eere.energy.gov/windandhydro/hydrokinetic
 - >> Wikimedia commons. Figure available at http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa_administrativo_de_Chile.png
 - >> World Steel Association. Statistics available at <http://www.worldsteel.org/statistics/statistics-archive/2011-steel-production.html>

A N E X O S

Anexo 1:

Caso de las Islas Orkney

Anexo 2:

Marco regulatorio aplicable a
energía marina en Chile

Anexo 3:

Mapa político de Chile

Anexo 4:

Mapa de áreas designadas en Escocia



Anexo 1: Caso de estudio de las Islas Orkney

El caso de las Islas Orkney, donde se ubica el EMEC, es interesante de estudiar ya que muestra los potenciales impactos económicos y sociales que resultan de un incentivo al desarrollo de la energía marina en un lugar específico.

1. Introducción a las Islas Orkney

Orkney es un archipiélago ubicado al norte de Escocia (Figura 1), compuesto por 70 islas, de las cuales 17 están habitadas. Tiene una población de 20.000 habitantes y su principal fuente de ingresos proviene de la agricultura, turismo y servicios, sin embargo el desarrollo de energías renovables se ha vuelto significativo en los últimos años (Orkney Islands Council, 2010).

Las islas Orkney tienen una excelente infraestructura y capital humano, con raíces en los años 70s, cuando tuvieron un importante rol en la industria del petróleo y del gas, específicamente con la construcción del terminal Flotta (Orkney Islands Council website).

2. Energías Renovables y EMEC en las Islas Orkney

Las islas Orkney históricamente han jugado un rol importante en el desarrollo de energías renovables. Entre los años 50 y 80, se desarrolló de forma importante la energía eólica y se instalaron turbinas a lo largo de prácticamente todas las islas. Sin embargo, las islas tenían las emisiones de CO2 per cápita más altas del Reino Unido (Aguatera, 2010), posiblemente debido a las operaciones de la industria del petróleo y del gas.

En el año 2003 se estableció el EMEC en las Orkney, con la misión de guiar y apoyar el desarrollo de la energía marina. La inversión inicial para empezar el centro fue de alrededor de 20 millones de libras esterlinas, provistas por el gobierno escocés, Highlands and Islands Enterprise (HIE), el Carbon Trust, el gobierno del Reino Unido, Scottish Enterprise, la Unión Europea, y el Orkney Islands Council. (HIE website).



FIGURA 1 : UBICACIÓN DE LAS ISLAS ORKNEY. MAPA (OPENSTREET MAP).

EMEC facilita el desarrollo de tecnologías para equipos que aprovechen olas y mareas, encargándose de todos los permisos requeridos para instalar y probar un equipo. En este sentido, EMEC ha:

- >> Obtenido una concesión del Crown Estate a fin de utilizar ciertas áreas del lecho marino.
- >> Negociado con las autoridades ambientales a fin de poder instalar los equipos y monitorear de cerca su operación para determinar su real impacto ambiental
- >> Construido las líneas de transmisión que requieren los equipos para operar conectados a la red eléctrica
- >> Coordinado a los desarrolladores de equipos con proveedores locales para cumplir con los requerimientos de los equipos probados.

Equipo	Desarrollador	País de Origen	Tipo de Energía utilizada	Tipo de Equipo
Pelamis	Pelamis Wave power	RU	Undimotriz	Atenuador
Oyster	Aquamarine Power Ltd.	RU	Undimotriz	Convertidores de olas oscilantes
Penguin	Wello Oy	Finlandia	Undimotriz	Otro
	Seatricity	RU	Undimotriz	Convertidores de olas oscilantes
Tidal turbine	Tidal Generation	RU	Mareomotriz	Turbina de eje Horizontal
Tidal turbine	OpenHydro	Irlanda	Mareomotriz	Turbina de eje Horizontal
AR1000	Atlantis Resources Corp	RU	Mareomotriz	Turbina de eje Horizontal
HS1000	Hammerfest Strom	Noruega	Mareomotriz	Turbina de eje Horizontal
SR250	Scotrenewables	RU	Mareomotriz	Turbina de eje Horizontal

TABLA 1 : EQUIPOS PROBADOS EN EMEC (SITIO WEB EMEC).

Como resultado de lo anterior, nueve tecnologías diferentes han sido implementadas y probadas y hay planes para que el centro aumente sus operaciones (Aquatera, 2011). Las tecnologías que han sido probadas se muestran en la Tabla 1.

Esencialmente, EMEC se encarga de los permisos y aspectos administrativos para las ubicaciones de los equipos a probar, permitiendo que los desarrolladores de tecnologías se concentren en su función principal, esto es, investigar como utilizar la energía de las olas y mareas en la forma más económica y eficiente para producir electricidad.

Esto significa que el desarrollo de tecnología se realiza a un ritmo más rápido que si no existiese un centro de pruebas, y que los desarrolladores tuvieran que obtener los permisos para realizar pruebas en un sitio determinado, estudiar los impactos ambientales, negociar con las empresas de transmisión eléctrica para vender la energía producida, negociar con dueños de terrenos para instalar equipos y construir líneas de transmisión, además de otras tareas que consumen una gran cantidad de tiempo valioso, y que puede ser tomado por una tercera parte no envuelta en una actividad tan importante como el desarrollo de los equipos.

También existen economías de escala que se aplican a los servicios comunes utilizados por todos (o al menos por la mayoría) de los desarrolladores de equipos. Tener un centro de pruebas implica que servicios locales son utilizados para satisfacer los requerimientos de ciertas "familias" de equipos, no sólo de cada equipo individual. Por ejemplo, un barco puede ser arrendado por diferentes desarrolladores a un costo menor que si solamente un desarrollador tuviera que arrendar el barco.

El tener un centro de pruebas hace posible crear una cadena de suministro en la comunidad local para la provisión de servicios requeridos por el desarrollo de tecnología. La escala de la actividad en las islas aún no es lo suficientemente grande para generar una cadena de suministro que disminuya los costos de los suministros principales, pero definitivamente se ha generado un desarrollo a escala local como resultado de la actividad de EMEC y de los desarrolladores. Este desarrollo incluye el mejoramiento de tres puertos existentes y el desarrollo de una cadena de suministros, la cual, a pesar de las limitaciones mencionadas anteriormente, tiene un potencial global (Aquatera, 2011).

3. Inversión requerida por EMEC y sus fuentes principales

EMEC fue establecido en el año 2003 con una inversión pública en el rango de los 20 millones de libras esterlinas, proveniente de diversas instituciones gubernamentales del Reino Unido. Las instalaciones requirieron un significativo monto de inversión de capital inicial, debido a los altos costos de la infraestructura requerida, tal como cables y subestaciones.

Adicionalmente a los costos iniciales, alrededor de 8 millones de libras esterlinas se han invertido en mejoramientos del EMEC para instalar cables adicionales, barcos y el desarrollo de un sitio de pruebas a escala (1/4) para pruebas de modelos a escala de los equipos, ubicado contiguo a las instalaciones de prueba a escala natural.

La principal fuente de ingresos de EMEC proviene del cobro a los desarrolladores por el uso de sus barcos (el cargo anual está en el orden de 200.000-250.000 libras esterlinas por barco), sin embargo, se obtienen ingresos adicionales por trabajos de consultoría y la acreditación de equipos. Sólo recientemente EMEC ha resultado autosuficiente (genera suficientes ingresos para cubrir los costos operacionales y de personal, teniendo una pequeña utilidad operacional). Sin embargo, aún no está claro que el centro vaya a generar suficientes utilidades para cubrir el costo de reemplazar sus activos depreciados (por ejemplo, cables). Mas aún, es importante destacar que 7 años después de su establecimiento, el centro operaba a pérdida, requiriendo de continuo apoyo gubernamental.

4. Impactos sociales y económicos en las Islas Orkney derivados del establecimiento de EMEC

El establecimiento de EMEC ha producido un importante impacto en la población de las islas y en su actividad.

Algunas cifras disponibles de los niveles de inversión realizados en Orkney (Aquatera, 2011) se presentan a continuación:

>>	Inversión en Energías Renovables	£200 millones
>>	Inversión en actividades marinas	£150 millones
>>	Inversión de Orkney	£20 millones
>>	Retornos asegurados por Orkney hasta el momento	£10 millones

Estas inversiones y retornos deben considerarse junto a otros indicadores de desarrollo que entregan información respecto a oportunidades de educación y empleos creadas para la población local (Aquatera, 2011)

>>	MSc graduados en Orkney	250
>>	PhD graduados	10
>>	Empleados en energías marinas renovables	150
>>	Empleados en energías sustentables	250
>>	Empleados en el sector de energía	500

Desde el punto de vista local, el establecimiento de EMEC ha representado una fuente de desarrollo para las islas, que ha entregado a la comunidad local oportunidades de educación y trabajo, junto a numerosos mejoramientos de infraestructura.

Esta perspectiva local es una que puede hacer una diferencia al considerar la implementación de incentivos. Aún cuando parezca que el gobierno gasta una cantidad importante de dinero, los retornos y beneficios para la región pueden ser considerable.

Anexo 2: Regulaciones existentes, requerimientos de permisos, financiamiento de proyectos y oportunidades de incentivos en Chile

Marco regulatorio aplicable a la energía marina en Chile

Con el objeto de repasar el marco regulatorio aplicable a proyectos de energía marina en Chile es necesario analizar estos proyectos desde sus distintos ángulos.

En primer lugar, los proyectos de energía marina son proyectos de generación eléctrica y, como tales, se rigen por la normativa del sector eléctrico chileno, en especial por el Decreto con Fuerza de Ley N° 4, La Ley General de Servicios Eléctricos y su Reglamento.

Por otro parte, la energía marina es considerada como una Energía Renovable No Convencional ("ERNC"), contando con algunas regulaciones e incentivos especiales, mayoritariamente introducidos a nuestro ordenamiento jurídico por la Ley N° 20.257.

Asimismo, el desarrollo de este tipo de proyectos es susceptible de generar impactos ambientales que deben regirse en cuanto a su evaluación y permisos aplicables por Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente y por el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Finalmente, están las leyes y normas aplicables especialísimamente a los proyectos de energía marina dado el recurso que utilizan para la generación, la fuerza producida por el movimiento de las olas, de las mareas y de las corrientes, y su emplazamiento en el borde costero. Esto hace necesario revisar la normativa aplicable a la tramitación y obtención de las Concesiones Marítimas necesarias para la utilización del recurso y los

Instrumentos de Planificación del Borde Costero que determinan los usos e industrias posibles de desarrollar en las distintas zonas de nuestra costa chilena.

A continuación, se realiza un breve análisis de las leyes y normativas aplicables en las distintas áreas identificadas.

1. Marco regulatorio en el sector eléctrico

El marco regulatorio del sector energético chileno es el Decreto con Fuerza de Ley N° 4 de 2008 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción que fija el texto refundido y coordinado de la Ley General de Servicios Eléctricos ("LGSE"). Esta normativa, originaria de 1981, fue pionera en la introducción de la competencia y privatizó al sector energético chileno.

La LGSE distingue los segmentos de generación, transmisión y distribución, permitiendo el libre acceso y la competencia en el segmento de generación. El modelo se basa en una operación a mínimo costo global, y fomenta que las empresas de generación puedan suscribir libremente contratos de abastecimiento con clientes libres y empresas distribuidoras (clientes regulados).

Conceptualmente, el modelo chileno ha sido definido como un "Servicio Público en Mano Privada". Lo anterior, por cuanto el Estado, aún cuando delega o concesiona su gestión en los particulares, por motivos económicos y de eficiencia, reconoce el interés público de esta actividad por lo que asume su rol de garante del bien común subsidiariamente a través del ejercicio de sus facultades de regulación y fiscalización.

2. Marco regulatorio ambiental

El marco regulatorio ambiental chileno está dado por la Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente ("LBGMA") dictada en 1994 y reformada por última vez por la ley 20.417 del año 2010. La LBGMA establece nuestra institucionalidad ambiental, donde el Ministerio del Medio Ambiente es el encargado de definir las políticas ambientales, el Servicio de Evaluación Ambiental el encargado de administrar el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, la Superintendencia del Medio Ambiente es la encargada de fiscalizar el cumplimiento de la normativa ambiental y los Tribunales Ambientales tienen el deber de sancionar los delitos ambientales. Las últimas dos instituciones no se encuentran en funcionamiento, pero se espera que comiencen a hacerlo durante el presente año 2012.

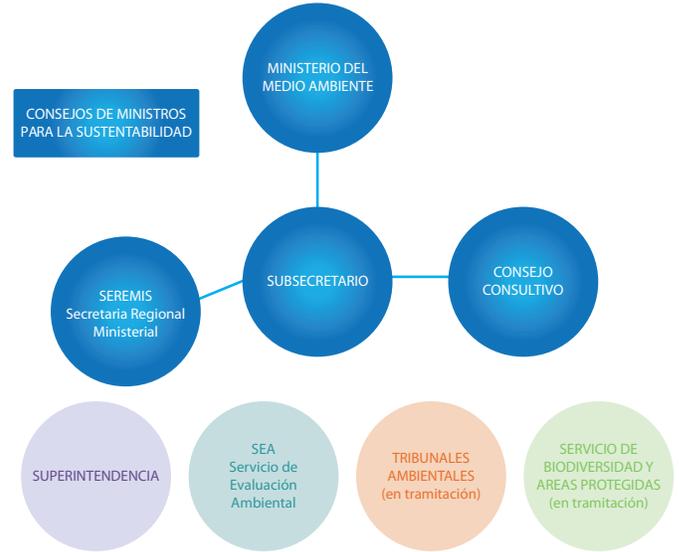


FIGURA 1 : NUEVO MARCO INSTITUCIONAL AMBIENTAL (PÁGINA WEB DEL MMA).

A continuación se presenta el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental ("SEIA"), al que eventualmente deberían someterse futuros proyectos de generación de energía marina en caso de darse los supuestos establecidos por la ley.

2.1 Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

La LBGMA estableció el SEIA al cual deben someterse obligatoriamente todos aquellos proyectos o actividades descritos en su artículo 10°. El proceso de evaluación ambiental es administrado por el Servicio de Evaluación Ambiental ("SEA"), pero en él participan todos los servicios públicos con alguna injerencia sobre el proyecto, bajo el principio de coordinación o también llamado de "Ventanilla Única".

En conformidad con lo dispuesto en la LBGMA aquellos proyectos o actividades que deben someterse al SEIA requieren necesariamente de la obtención de una Resolución de Calificación Ambiental (RCA) previo a su ejecución. Asimismo, obtenida la RCA el desarrollo y operación de los proyectos debe apegarse estrictamente a lo establecido en ella.

2.2 Instrumento de Evaluación Ambiental

El sistema chileno actual contempla dos vías por las cuales los titulares de proyectos deben someterlos al SEIA, a saber, por la vía de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o por la vía más exigente de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Ambos instrumentos se diferencian principalmente por el detalle de la información requerida, los plazos de tramitación y las instancias de participación ciudadana. Las causales que obligan a un proyecto a someterse al SEIA por la vía de un EIA están establecidas en el artículo 11° de la LBGMA, y dicen relación con los efectos o impactos específicos que puede generar el proyecto o actividad en el medio ambiente.

2.3 Permisos Ambientales Sectoriales (PAS)

Adicionalmente al permiso ambiental o RCA, la generalidad de los proyectos debe tramitar y obtener otros permisos sectoriales para su desarrollo. Aquellos permisos que revisten consideraciones ambientales se denominan "Permisos Ambientales Sectoriales" (PAS) realizándose su discusión ambiental en el marco de la evaluación del proyecto ante el SEIA. La RCA que aprueba un proyecto señala además los PAS que debe

obtener su titular, los que no podrán ser denegados por consideraciones ambientales en virtud del principio de coordinación señalado anteriormente. Los permisos sectoriales que no revisten consideraciones ambientales se deben tramitar directamente ante los servicios públicos respectivos.

2.4 Causales de Ingreso al SEIA para proyectos de generación

El artículo 10° de la LBGMA establece en sus letras b) y c) causales específicas de ingreso al SEIA referidas a proyectos de generación y sus obras complementarias:

"b) Líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje y sus subestaciones;

c) Centrales generadoras de energía mayores a 3 MW".

Asimismo, el mismo artículo 10° establece otras causales genéricas de ingreso SEIA que pueden ser aplicables a proyectos de generación, dependiendo de su emplazamiento o impactos, como por ejemplo, la causal de la letra p):

*"p) Ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, **parques marinos, reservas marinas** o en cualesquiera otras **áreas colocadas bajo protección oficial**, en los casos en que la legislación respectiva lo permita".*

El Reglamento del SEIA (RSEIA) es el cuerpo normativo que define cómo deben entenderse las causales del artículo 10° de la LBGMA para los efectos del ingreso al SEIA.

Dicho lo anterior, se concluye que no existen causales de ingreso al SEIA específicas para proyectos de energía marina, sino que a estos le son aplicables las comunes a todo proyecto de generación, debiendo evaluarse si su potencia es superior a 3 MW o su emplazamiento es en un área colocada bajo protección oficial. En caso a que un proyecto deba someterse al SEIA por alguna de las causales antes mencionadas, la determinación de si deberá hacerlo por la vía de una DIA o un EIA dependerá de sus impactos específicos (ej. turísticos, paisajísticos, comunidades cercanas, etc.).

A la fecha de redacción del presente informe, no se había sometido ningún proyecto de generación de energía marina al SEIA para su evaluación, por lo que no existe experiencia práctica al respecto. Por esa misma razón, utilizando la experiencia adquirida por el desarrollo en los últimos años de otras energías renovables no convencionales (eólica, mini hidroeléctrica y geotérmica) se hace necesario empezar a capacitar a los evaluadores en las particularidades de este tipo de centrales y determinar de forma referencial los permisos y requisitos mínimos que debe contener una DIA o EIA para estas tecnologías. Así se ha hecho en el caso de otras tecnologías como las mini-hidráulicas, eólicas y la geotermia, donde el SEA ha confeccionado "Guías de Evaluación". Se recomienda hacer lo mismo para proyectos de energía marina a fin de preparar a los evaluadores y dar mayor certeza a los desarrolladores de las exigencias que deben cumplir para aprobar sus proyectos.

2.5 Consulta de Pertinencia Ambiental

La práctica ambiental ha creado una instancia que no está expresamente contemplada en la LBGMA, pero que es muy común en la actualidad como lo es la "Consulta de Pertinencia Ambiental" por la cual el titular de un proyecto que no tiene certeza de si su proyecto debe o no someterse al SEIA le pregunta al SEA su opinión sobre el particular. Generalmente, la necesidad de presentar una Consulta de Pertinencia nace de algún servicio público llamado a otorgar un PAS, los que sólo pueden otorgarse directamente si el proyecto no debe someterse al SEIA, quien solicita una confirmación de que efectivamente el proyecto sometido a su conocimiento está eximido de evaluación.

Dada la novedad que enfrentarán las autoridades sectoriales llamadas a otorgar los permisos necesarios para el desarrollo de los primeros proyectos de energía marina, es altamente probable que ellas pidan una consulta de pertinencia pese a que el proyecto específico ni siquiera supere los 3 MW de potencia y se encuentre fuera de un área colocada bajo protección oficial.

En la misma línea de lo planteado precedentemente, es necesario capacitar a los evaluadores y a los demás servicios públicos competentes con la realidad de la energía marina a fin de que no se soliciten cartas de pertinencia en casos no justificados y/o que estas se resuelvan con conocimiento de la industria, evitando así que deban someterse al SEA(2) proyectos que objetivamente no deban hacerlo.

3. Marco regulatorio referente a concesiones marinas

Como se ha señalado, los proyectos de energía marina utilizan para la generación la fuerza producida por el movimiento de las olas, de las mareas y de las corrientes del mar. En Chile la utilización del mencionado recurso sólo puede hacerse luego de tramitar y obtener una Concesión Marítima conforme las reglas que a continuación detallamos.

a. Normativa Aplicable.

La normativa aplicable a la tramitación y obtención de una Concesión Marítima está contenida en:

- >> Decreto con Fuerza de Ley N° 340 de 1960 del Ministerio de Hacienda sobre Concesiones Marítimas ("DFL N° 340).
- >> Decreto Supremo N° 2 de 2005 del Ministerio de defensa, Reglamento sobre Concesiones Marítimas ("DS N° 2).
- >> Decreto Supremo N° 475 de 1994, Política Nacional de Uso de Borde Costero ("DS N° 475").

b. Autoridad Competente.

Conforme lo establece el art. 2 del DFL N° 340 "es facultad privativa del **Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina, conceder el uso particular en cualquier forma, de las playas y terrenos de playas fiscales dentro de una faja de 80 metros de ancho medidos desde la línea de más alta marea de la costa del litoral; como asimismo la concesión de rocas, fondos de mar, porciones de agua dentro y fuera de las bahías; y también las concesiones en ríos o lagos que sean también navegables por buques de más de 100 toneladas, o en los que no siéndolo, siempre que se trate de bienes fiscales, en la extensión en que estén afectados por las mareas, de las playas de uno y otros y de los terrenos fiscales riberaños hasta una distancia de 80 metros medidos desde donde comienza la ribera".**

En función de lo anterior, es el Ministerio de Defensa, a través de la Subsecretaría de Marina, quien mediante un Decreto resuelve la solicitud de concesión marítima presentada por un particular.

c. Tipos de Concesiones Marítimas.

Las concesiones marítimas según el objeto solicitado se clasifican en:

- >> Concesiones de Terrenos de Playa.
- >> Concesiones de Playas.
- >> Concesiones de Rocas.
- >> Concesiones de Porciones de Agua.
- >> Concesiones de Fondo de Mar.
- >> Concesiones dentro y fuera de las bahías.

Si bien no existe experiencia al respecto, dependiendo de la tecnología a utilizar los proyectos de energía marina deberán solicitar una Concesión Marítima de Porciones de Aguas (cuando quieran instalar en el mar un elemento flotante estable), una Concesión de Fondo de Mar (cuando la unidad de generación se encuentre sobre el fondo marino) y/o una Concesión de Terreno de Playa (Pistón). Esta distinción no tiene implicancias respecto del procedimiento aplicable, el que está determinado por la clasificación de concesiones marítimas que revisaremos a continuación.

Conforme lo establece el art. 24 del DFL N° 340 las Concesiones Marítimas, para los efectos de su otorgamiento y tramitación, se clasificarán, considerando el plazo de duración, el cual no podrá exceder de 50 años, y la cuantía de los capitales a invertir en dichas concesiones, en:

- >> **Concesión Marítima Mayor:** aquella cuyo plazo de otorgamiento exceda de 10 años o involucre una inversión superior a las 2.500 Unidades Tributarias Mensuales (UTM), de acuerdo a la ponderación que realice el Ministerio de Defensa.
- >> **Concesión Marítima Menor:** aquella que se otorga por un plazo superior a 1 año y que no excede de 10 años en involucre una inversión igual o inferior a las 2.500 Unidades tributarias Mensuales (UTM).
- >> **Permiso o Autorización:** aquella concesión marítima de escasa importancia y de carácter transitorio y cuyo plazo no excede de un año.
- >> **Destinación:** aquella concesión marítima otorgada por el Ministerio a servicios fiscales, para el cumplimiento de un objeto determinado.

Es altamente probable que por la duración de los proyectos (generalmente se proyectan a 30 años) y los montos de inversión involucrados estos deban solicitar Concesiones Marítimas Mayores, debiendo someterse al procedimiento más exigente de aquellos establecidos en el DFL N° 340. El procedimiento se detallará más adelante es este Anexo.

De los demás tipos de concesiones marítimas vale la pena reparar en la "Destinación", figura que opera cuando la solicitud de concesión proviene de un servicio público (ej. Ministerio de Energía, CER, etc.). Esta figura es relevante

en caso de que la autoridad opte por incentivar este tipo de tecnologías por la vía de desarrollar por cuenta propia un centro de pruebas y/o un proyecto piloto.

d. Procedimiento aplicable a Concesiones Marítimas Mayores.

Conforme lo establece el DS N° 2, Reglamento sobre Concesiones Marítimas, el procedimiento aplicable a la tramitación de Concesiones Marítimas Mayores es el que se resumen en la Tabla 1.

Etapa	Descripción
Solicitud de Concesión Marítima	La solicitud se presenta por el interesado ante la Capitanía de Puerto respectiva, en un expediente que contenga, en dos ejemplares, el formulario de solicitud y planos exigidos en los arts. 26 y 27 del DS N° 2.
Admisibilidad e ingreso al S.I.A.B.C	El Capitán de Puerto, en coordinación con un Asesor Técnico de la Subsecretaría de Marina, en un plazo no superior a 10 días desde presentada la solicitud verificará que la solicitud cuente con todos los antecedentes exigidos. Además de los elementos formales se revisará que la solicitud no se sobreponga a otra concesión marítima o acuícola ya otorgada y/o que el uso solicitado no se enmarque en la zonificación del sector. Declarado admisible el Capitán de puerto visará la solicitud y la ingresará al "Sistema Integrado de Administración de Borde Costero" ("S.I.A.B.C").
Envío a Subsecretaría de Marina	Dentro de los 5 días siguientes a su visación el Capitán de Puerto remitirá el expediente a la Subsecretaría de Marina para su estudio.
Informe Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante	Respecto de la solicitud la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante elaborará un informe que considerará los siguientes elementos: (a) superposición con otras concesiones o destinaciones otorgadas o en trámite; (b) compatibilidad o conveniencia del proyecto, en relación con el desarrollo de los intereses marítimos del sector y de la zonificación establecida; (c) procedencia de requerir, en el decreto de concesión, el sometimiento al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental; (d) si afecta a la seguridad de la navegación y de la vida humana en el mar; (e) la necesidad de incorporar nuevos antecedentes a la solicitud.
Análisis Subsecretaría de Marina y Resolución por Ministerio de Defensa	Recibido el informe señalado precedentemente, la Subsecretaría analizará los antecedentes, debiendo el Ministerio de Defensa resolver el expediente por medio de Decreto en el plazo de 180 días, contados desde la fecha en que reciba la totalidad de los antecedentes requeridos.
Legalización del Decreto de Concesión	El Decreto de Concesión deberá reducirse a escritura pública en el plazo de 30 días contados desde que la autoridad marítima notifique oficialmente al interesado el correspondiente decreto, por carta certificada. En todo caso, previo a ello, el titular de la concesión deberá pagar en la Tesorería la correspondiente renta y/o tarifa anual o semestral que fije el decreto.
Entrega material de la Concesión Marítima	La entrega material de la concesión se hará efectiva por el Capitán de Puerto mediante un acta, una vez cumplidas las exigencias de la legalización.

TABLA 1 : PROCEDIMIENTO DE CONCESIONES MARINAS

e. Elementos evaluados por la autoridad al resolver una solicitud de Concesión Marítima.

Atendido a que las primeras solicitudes de Concesiones Marítimas a presentarse para el desarrollo de proyectos de generación de energía marina enfrentarán el desafío de probar la relevancia y conveniencia que justifique su otorgamiento, es conveniente revisar los cuatro criterios establecidos por el art. 29 del DS N° 2, Reglamento sobre Concesiones Marítimas, a ser analizados por la autoridad marítima para su otorgamiento:

>> Superposición con otras concesiones: La autoridad marítima analizará si el área solicitada se superpone o no con otras concesiones o destinaciones otorgadas o en trámite.

En caso de que la concesión solicitada se superponga a una ya otorgada esta será rechazada, sin importar la naturaleza de la misma. Esto es una garantía al respeto de los derechos adquiridos por titulares anteriores.

Ahora bien, en el caso de que la superposición se de con una concesión en trámite presentada con anterioridad, el criterio no es rechazar la solicitud o resolverlas conforme su fecha de presentación, sino que la autoridad hace un análisis de fondo sobre el mejor uso del sector solicitado, según la zonificación existente, la industria a desarrollar y los intereses de la región y del país.

Dado lo anterior, es importante para la industria de energía marina demostrar su compatibilidad con otros usos vecinos y el interés social subyacente al desarrollo de este tipo de tecnologías renovables, no contaminantes, y que aportan a la seguridad energética de nuestro país.

>> Compatibilidad o conveniencia del proyecto: En la evaluación de la compatibilidad de proyecto juega un rol fundamental la zonificación del Borde Costero que se revisará en el próximo capítulo.

>> Procedencia de requerir la evaluación ambiental del proyecto.

>> Afectación a la seguridad de la navegación y de la vida humana en el mar.

4. Marco regulatorio referente a zonificación de uso de borde costero

Por su geografía, Chile es un país marítimo con un borde costero de aproximadamente 6.435 kilómetros de longitud. Para su administración Chile ha desarrollado una Política Nacional de Uso del Borde Costero ("PNUBC"), cuyo objetivo último es hacer un manejo sostenible de las áreas costeras y oceánicas, manteniendo al mismo tiempo el equilibrio a largo plazo entre los objetivos medioambientales, económicos, sociales, culturales y recreativos. Dentro de los instrumentos establecidos por la PNUBC para alcanzar su objetivo está el deber de dictar Instrumentos de Planificación o Zonificación del Borde Costero regionales.

Lo anterior es relevante para los efectos de este informe, por cuanto previo al desarrollo de cualquier proyecto que se emplace en el Borde Costero la autoridad revisará su compatibilidad y consistencia con Instrumentos de Planificación del Borde Costero vigentes o en desarrollo.

a. Comisiones de Uso del Borde Costero e Instrumentos de Planificación del Uso del Borde Costero.

Chile está dividido en quince Regiones, de las cuales sólo la Región Metropolitana no es costera. De las Regiones con Borde Costero a la fecha sólo dos, la Región de Coquimbo y la Región de Aysén, tienen una zonificación aprobada y vigente. El resto de las regiones costeras se encuentra en proceso de confección y análisis de sus zonificaciones, esperándose un significativo avance a este respecto durante el año 2012.

El proceso de confección de la Zonificación del Borde Costero se dirige regionalmente a través de las Comisiones Regionales de Uso del Borde Costero ("CRUBC") las que están encargadas de desarrollar una propuesta de zonificación regional consistente con la PNUBC para luego ser presentada a la Comisión Nacional de Uso del Borde Costero ("CNUBC") dependiente de la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas del Ministerio de Defensa. Las CRUBC están compuestas por los siguientes actores políticos y sociales:

- >> El Intendente Regional, quien la presidirá.
- >> Los Gobernadores de las Provincias que tengan jurisdicción territorial sobre el Borde Costero de la Región.
- >> Los Alcaldes de las Municipalidades que tengan jurisdicción territorial sobre el Borde Costero de la Región.
- >> El Secretario Regional Ministerial de Economía, Fomento y Reconstrucción.
- >> El Secretario Regional Ministerial de Planificación y Coordinación, quien actuará como Secretario Ejecutivo de la Comisión.
- >> El Secretario Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo.
- >> El Secretario Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones.
- >> El Secretario Regional Ministerial de Bienes Nacionales.
- >> Un representante de la Armada Nacional.
- >> Los Gobernadores Marítimos.
- >> El Director Regional de Obras Portuarias
- >> El Director Regional del Servicio Nacional de Turismo.
- >> El Director Regional del Servicio Nacional de Pesca.
- >> El Director Regional de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.
- >> El Director Zonal de Pesca correspondiente.
- >> Dos representantes elegidos por el Consejo Regional, entre sus integrantes.
- >> Dos representantes del sector pesquero artesanal.
- >> Dos representantes del sector acuícola.

- >> Dos representantes del sector turístico.
- >> Tres representantes de otros sectores, diferentes de los señalados precedentemente, nombrados por el Intendente Regional.

Dada la importancia que reviste para el desarrollo de la industria de la energía marina las zonificaciones costeras, preocupa que en la CRUBC no exista un representante del Ministerio de Energía y de generadores, incluyendo generadores termoelectricos, eólicos of shore y mareomotrices. Como se señalará más adelante en el Capítulo de recomendaciones, proponemos hacer las modificaciones reglamentarias necesarias para incorporar en la CNUBC y en la CRUBC a representantes del Ministerio de Energía y de la industria.

En este sentido, un paso importante fue tomado a fines del 2011 y desde entonces, un representante del Ministerio de Energía ha sido incluido en el CRUBC. A pesar de que este representante aún no participa en la toma de decisiones (no tiene derecho a voto), esto sin duda representa un avance, y en este sentido otras medidas pueden ser tomadas en el futuro.

b. Áreas de Uso Preferentes.

Para determinar la Zonificación de Uso del Borde Costero la CRUBC analiza diversos factores ambientales, sociales, económicos, políticos y estratégicos para finalmente establecer áreas de "Uso Preferente" para el desarrollo de ciertas actividades o industrias (ej. conservación, acuicultura, turismo, portuario, etc.) y los criterios para determinar la compatibilidad de otros usos en dichas áreas. Muy excepcionalmente, los Instrumentos de Planificación determinarán áreas de uso exclusivo.

A modo ejemplar, en la Memoria Explicativa de la Zonificación vigente de la Región de Coquimbo aprobada por Decreto Supremo N° 518 del Ministerio de Defensa de 2005, se establecen zonas de Uso Preferente para la actividad portuaria, para la pesca artesanal y caletas, para la acuicultura, para el turismo, para usos industriales, etc. En dicha zonificación no se consideran expresamente usos para proyectos de generación y/o transmisión, aunque en algunos casos podrían entenderse compatibles con los usos preferentes establecidos.

Por su parte, en la Memoria Explicativa del Uso del Borde Costero de la Región de Tarapacá (en desarrollo) de agosto de 2010, si bien no se proponen usos preferentes para este tipo de actividades al menos se señala bajo el capítulo IV sobre "Resultados Esperados" de la Zonificación que esta debe comprender un "Estudio prospectivo de generación y localización de fuentes alternativas de abastecimiento de agua potable y energía en el litoral rural de la Región".

De lo anterior se concluye, que si bien los instrumentos de zonificación vigentes o en confección no prohíben el desarrollo de proyectos como los analizados, estos enfrentarán el desafío de demostrar su compatibilidad con los Usos Preferentes existentes conforme criterios que han sido desarrollados sin conocer las particularidades, beneficios e impactos de esta industria.

Por su parte, atendido que los instrumentos de zonificación regional son dinámicos y están en constante revisión, se recomienda participar activamente de estos procesos en el futuro. Asimismo, se podría analizar que se decreten áreas preferentes para el desarrollo de este tipo de proyectos.

5. Incentivos, financiamiento de proyectos y marco regulatorio referente a las ERNC

Históricamente el porcentaje de energía desde fuentes ERNC presente en nuestra matriz ha sido muy bajo, como se demuestra en Figura 2.

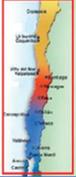
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	% DE POTENCIA INSTALADA TOTAL	MAPA	POTENCIA INSTALADA SISTEMA	PROPORCIÓN DE ERNC INSTALADA EN CADA SISTEMA
SING	23,1%		3.573 MW	ERNC 0,4% Conventional 99,6%
SIC	75,9%		11.736 MW	ERNC 4,2% Conventional 95,8%
Aysén	0,3%		51,5 MW	ERNC 43,5% Conventional 56,5%
Magallanes	0,6%		99,2 MW	ERNC 0,0% Conventional 100%

FIGURA 2: DISTRIBUCIÓN ERNC EN SISTEMAS INTERCONECTADOS DE CHILE (CER, 2010).

Por ello, en los últimos años Chile ha dictado leyes y creado incentivos para el fomento de los proyectos ERNC. Ejemplo de ello es la Ley 20.257 dictada en 2008 que reforma la LGSE "respecto de la generación de energía eléctrica con fuentes de energías renovables no convencionales", también conocida como la Ley ERNC.

a. Estado de desarrollo de la Industria ERNC.

Previo a revisar los incentivos legales y de financiamiento existentes para proyectos ERNC, es pertinente revisar el mapa actual de proyectos ERNC en Chile graficado en la siguiente tabla que distingue entre proyectos según la tecnología utilizada y su etapa de desarrollo.

Estado	Operación	Construcción	SEIA	
			Aprobado, sin construir	En calificación
Mini-Hidráulica	245	64	368	93
Eólica	185	6	2,269	1,041
Biomasa	253	170	55	49
Solar	0	1	467	302
Geotérmica	0	0	0	50
Total	683	242	3,159	1,535

TABLA 2: DESARROLLO DE PROYECTOS ERNC A ENERO 2012 (MW) (CER, 2012).

La Tabla anterior demuestra un aumento en el interés de desarrollar proyectos ERNC reflejado en la gran cantidad de proyectos aprobados o en evaluación y la entrada de nuevas tecnologías históricamente ausentes de nuestra matriz energética (ej. Eólico, Solar). Sin perjuicio de lo anterior, el mismo cuadro demuestra que persisten dificultades para el desarrollo efectivo de estos proyectos lo que se refleja en la gran cantidad de proyectos aprobados ambientalmente, pero que no han iniciado su etapa de ejecución. Más adelante en este informe analizaremos algunos de las dificultades que enfrentan los proyectos ERNC en áreas como financiamiento, terrenos, permisos. etc.

b. Definición ERNC.

Chile, a través de la Ley 20.257, optó por definir legalmente qué se entiende y qué tecnologías deben considerarse como ERNC para los efectos de hacerle aplicables los incentivos legales y de financiamiento existentes.

"Art. 225 LGSE: Son medios de generación renovables no convencionales: Los que presentan cualquiera de las siguientes características:

- 1. Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía de la biomasa, correspondiente a la obtenida de materia orgánica y biodegradable, la que puede ser usada directamente como combustible o convertida en otros biocombustibles líquidos, sólidos o gaseosos. Se entenderá incluida la fracción biodegradable de los residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios.*
- 2. Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía hidráulica y cuya potencia máxima sea inferior a 20.000 kilowatts.*
- 3. Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía geotérmica, entendiéndose por tal la que se obtiene del calor natural del interior de la tierra.*
- 4. Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía solar, obtenida de la radiación solar.*

- 5. Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía eólica, correspondiente a la energía cinética del viento.*
- 6. Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía de los mares, correspondiente a toda forma de energía mecánica producida por el movimiento de las mareas, de las olas y de las corrientes, así como la obtenida del gradiente térmico de los mares.*
- 7. Otros medios de generación determinados fundadamente por la Comisión, que utilicen energías renovables para la generación de electricidad, contribuyan a diversificar las fuentes de abastecimiento de energía en los sistemas eléctricos y causen un bajo impacto ambiental, conforme a los procedimientos que establezca el reglamento".*

Para los efectos de este informe, es importante el hecho de que la energía marina definida de forma amplia es considerada como una ERNC y, en consecuencia, sus desarrolladores pueden beneficiarse de los incentivos existentes para su fomento.

c. Cuota o porcentaje ERNC.

La Ley 20.257 modificó la LGSE introduciendo el art. 150 bis cuyo texto es el siguiente:

"Artículo 150° bis.- Cada empresa eléctrica que efectúe retiros de energía desde los sistemas eléctricos con capacidad instalada superior a 200 megawatts para comercializarla con distribuidoras o con clientes finales, estén o no sujetos a regulación de precios, deberá acreditar ante la Dirección de Peajes del CDEC respectivo, que una cantidad de energía equivalente al 10% de sus retiros en cada año calendario haya sido inyectada a cualquiera de dichos sistemas, por medios de generación renovables no convencionales, propios o contratados.

La empresa eléctrica podrá también acreditar el cumplimiento de la obligación señalada en el inciso primero, mediante inyecciones de energía renovable no convencional realizadas a los sistemas eléctricos durante el año calendario inmediatamente anterior, en la medida que dichas inyecciones no hayan sido acreditadas para el cumplimiento de la obligación que correspondió a ese año.

Cualquier empresa eléctrica que exceda el porcentaje señalado en el inciso primero de inyecciones de energía renovable no convencional dentro del año en que se debe cumplir la obligación, con energía propia o contratada y aunque no hubiese efectuado retiros, podrá convenir el **traspaso de sus excedentes** a otra empresa eléctrica, los que podrán realizarse incluso entre empresas de diferentes sistemas eléctricos. Una copia autorizada del respectivo convenio deberá entregarse a la Dirección de Peajes del CDEC respectivo para que se imputen tales excedentes en la acreditación que corresponda.

La empresa eléctrica que no acredite el cumplimiento de la obligación a que se refiere este artículo al 1 de marzo siguiente al año calendario correspondiente, **deberá pagar un cargo, cuyo monto será de 0,4 UTM por cada megawatt/hora de déficit respecto de su obligación.** Si dentro de los tres años siguientes incurriese nuevamente en incumplimiento de su obligación, el cargo será de 0,6 UTM por cada megawatt/hora de déficit. Sin perjuicio de lo anterior, cualquier empresa eléctrica deficitaria podrá, con un límite de 50%, postergar hasta en un año la acreditación de la obligación que le corresponda al término de un año calendario, siempre que lo haya comunicado a la Superintendencia antes del 1 de marzo siguiente al año calendario referido.

Las Direcciones de Peajes de los CDEC de los sistemas eléctricos mayores a 200 megawatts deberán coordinarse y llevar un registro público único de las obligaciones, inyecciones y traspasos de energía renovable no convencional de cada empresa eléctrica, así como de toda la información necesaria que permita acreditar el cumplimiento de las obligaciones y la aplicación de las disposiciones contenidas en este artículo.

Los cargos señalados en el inciso cuarto se destinarán a los clientes finales y a los clientes de las distribuidoras cuyos suministros hubieren cumplido la obligación prevista en el inciso primero de este artículo. Las sumas de dinero que se recauden por estos cargos, se distribuirán a prorrata de la energía consumida por los clientes indicados en el inciso anterior durante el año calendario en que se incumplió la obligación del inciso primero.

La Dirección de Peajes del CDEC respectivo calculará y dispondrá tanto el pago de los cargos que cada empresa deberá abonar para que se destinen a los clientes aludidos en base a los montos recaudados de las empresas que no hubiesen cumplido la obligación, así como las transferencias de dinero a que haya lugar entre ellas. La Superintendencia deberá requerir a la Dirección de Peajes y a las empresas concernidas la información necesaria para fiscalizar el cumplimiento de las obligaciones que se les impone en este inciso.

Toda controversia que surja en la aplicación del inciso anterior con la Dirección de Peajes del CDEC respectivo promovida por las empresas eléctricas sujetas a la obligación prevista en el inciso primero o por las distribuidoras y clientes finales, será dictaminada por el panel de expertos, organismo que deberá optar por uno de los valores propuestos por quien promueve la discrepancia o por la referida Dirección, entendiéndose que ésta se formaliza en las presentaciones que deberán realizar al panel, en sobre cerrado, dentro de los quince días siguientes al cálculo efectuado por la Dirección de Peajes. Para expedir el dictamen respectivo, el aludido Panel deberá ceñirse al procedimiento aplicable a las discrepancias previstas en el número 11 del artículo 208°.

Sólo para los efectos de la acreditación de la obligación señalada en el inciso primero, se reconocerán también las inyecciones provenientes de centrales hidroeléctricas cuya potencia máxima sea igual o inferior a 40.000 kilowatts, las que se corregirán por un factor proporcional igual a uno menos el cociente entre el exceso sobre

20.000 kilowatts de la potencia máxima de la central y 20.000 kilowatts, lo que se expresa en la siguiente fórmula:

$$FP = 1 - ((PM - 20.000 \text{ kw})/20.000 \text{ kw})$$

Donde FP es el factor proporcional antes señalado y PM es la potencia máxima de la central hidroeléctrica respectiva, expresada en kilowatts”.

De la lectura del artículo citado, se desprende que la principal herramienta de fomento de las ERNC en Chile es la imposición legal de una cuota o porcentaje mínimo de energía proveniente de fuentes ERNC. Los principales elementos este instrumento de fomento contenido en el art. 150 bis de la LGSE transcrito son las siguientes:

- >> **Empresas Obligadas:** Empresas eléctricas que realicen retiros del sistema superiores a 200 Mw.
- >> **Contratos celebrados a partir del 2008:** La obligación del porcentaje o cuota sólo es aplicable a contratos de energía celebrados a partir del 2008.
- >> **Porcentaje mínimo gradual 2008 al 2024:** El porcentaje o cuota ERNC es gradual en el tiempo partiendo de un 5% para alcanzar un 24% el año 2014 según se refleja en el siguiente gráfico.

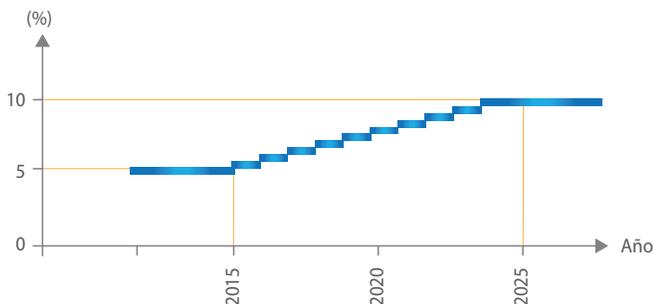


FIGURA 3: INCREMENTO GRADUAL DE PORCENTAJE DE LA OBLIGACIÓN PORCENTUAL DE ERNC SEGÚN LA NORMATIVA CHILENA.

- >> **Forma de cumplimiento:** Por medio de generación ERNC propios o ajenos. Esto es muy relevante, porque es lo que le permite a los pequeños generados ERNC vender su producción y/o su atributo ERNC a las empresas eléctricas con retiros superiores a los 200 Mw.
- >> **Posibilidad de venta de excedentes ERNC.**
- >> **Cargo o Multa por incumplimiento:** 0,4 UTM por cada megawatt/hora de déficit respecto de su obligación, cargo que aumentará a 0,6 UTM si dentro de los tres años siguientes la empresa incurre nuevamente en incumplimiento de su obligación.

A continuación, agregamos un cuadro elaborado por el CDEC SIC-SING conjuntamente con el Centro de Energías Renovables ("CER") dependiente de la Corporación de Fomento ("CORFO") que muestra el comportamiento de las inyecciones al Sistema Interconectado por fuentes ERNC en relación con el porcentaje o cuota legal en el último año.

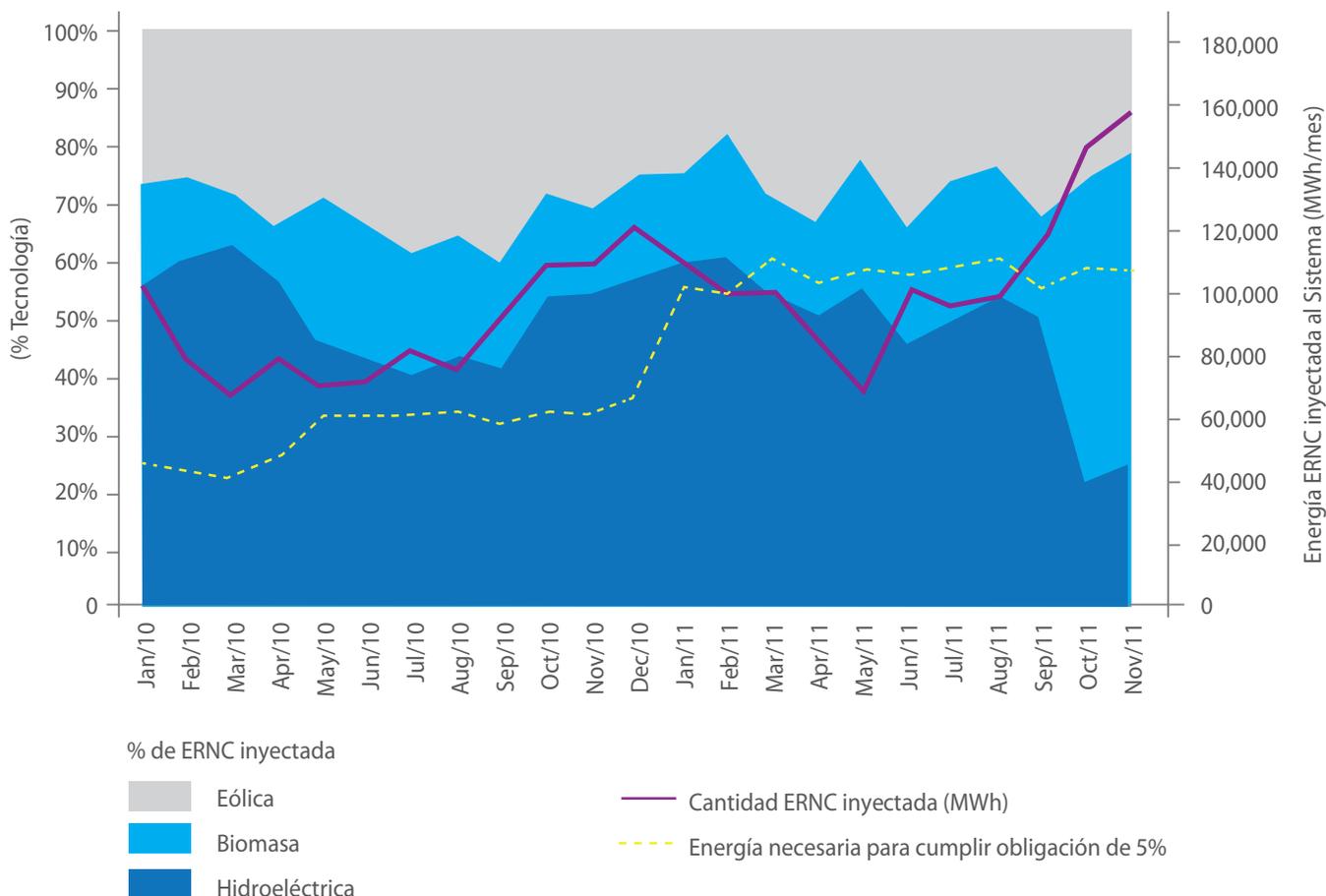


FIGURA 4: PORCENTAJE DE ENERGÍA REMOVABLE INYECTADA A LA RED ENTRE ENERO 2010 Y NOVIEMBRE 2011 (CDEC SIC/SING, CER, 2011).

Futuros proyectos de energía marina podrán beneficiarse de este incentivo legal, por la vía de celebrar contratos de suministro de energía y/o vender el "Atributo ERNC" a las empresas obligadas a un porcentaje mínimo de generación por fuentes ERNC que no puedan cumplir con dicha obligación mediante fuentes propias.

Transcurridos los primeros años desde su implementación, actualmente se encuentra en evaluación que tan efectivo ha sido dicho instrumento en su objetivo de acelerar

el desarrollo de las ERNC. En esta línea, se discute en el Congreso Nacional un proyecto de ley que propone adelantar la obligación contenida en el art. 150 bis de la LGSE de 10% al 2024 a 20% al 2020 (Meta 20/20). Asimismo, entidades especializadas (ej. CER) evalúa si el monto del cargo establecido en la ley tiene el efecto de fomento buscado o si por el contrario, atendido su bajo valor en relación con el costo alternativo de desarrollar proyectos ERNC no tendrá el efecto de dinamizar la industria.

d. Exención de Peajes de Transmisión Troncal.

Otro de las herramientas contenidas en la LGSE para viabilizar proyectos ERNC y de pequeña y mediana escala es la exención en el pago de peajes de transmisión troncal establecida en beneficio de proyectos ERNC de hasta 20.000 kilowatts. Para proyectos cuyos excedentes de potencia sean entre 0 y 9.000 kilowatts la exención es total, mientras que para proyectos con excedentes de potencia entre 9.000 y 20.000 kilowatts la exención es parcial.

e. Otros Incentivos a proyectos ERNC.

Conjuntamente a los incentivos legales, el estado de Chile ha desarrollado otras herramientas de financiamiento para este tipo de proyectos, las que son principalmente canalizadas a través de la CORFO. A continuación adjuntamos una Tabla resumen con los demás instrumentos de financiamiento existentes.

	Incentivo	Descripción
Incentivos de financiamiento actuales	Financiamiento CORFO estudios de pre-factibilidad básica y avanzada	Financiamiento de estudios de pre-factibilidad proyectos ERNC hasta un 50% de su costo, con un tope de \$33.000.000.
	Líneas de crédito CORFO	Financiamiento de proyectos ERNC vía créditos a largo plazo (12 años por una monto máximo de hasta US\$15.000.000.-). Actualmente CORFO no ha asignado nuevos fondos a esta línea.
Otros incentivos vigentes	Calificación de proyecto como Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) / Venta de Bonos de Carbono	En conformidad con lo dispuesto en el Protocolo de Kyoto, los proyectos ERNC que demuestren que las tecnologías a utilizar son capaces de reducir las emisiones de Gases Efecto Invernadero producidas por proyectos convencionales, pueden certificarse como Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), y vender los certificados de reducción de emisiones (CERs) por ellos generados.

TABLA 3: INSTRUMENTOS DE FINANCIAMIENTO ERNC EN CHILE.

La suficiencia de los fondos comprometidos por el estado para las etapas de estudio, construcción y operación de proyectos ERNC están en constante evaluación por parte de la autoridad. Ejemplo de ello es la revisión periódica que hace el CER de proyectos ERNC que enfrentan problemas de financiamiento para su ejecución. El último diagnóstico hecho por el CER en julio de 2011 se refleja en la siguiente tabla:

Tecnología	Nº de proyectos	Capacidad instalada (MW)	Inversión (MMUSD)
Biomasa	6	42	112
Eólica	17	881	1,802
Mini-Hidráulica	21	174	380
Solar	4	26	140
Total	48	1,123	2,436

TABLA 4: PROYECTOS ERNC CON DIFICULTADES DE FINANCIAMIENTO (CER, 2012)

El CER estima que las "principales brechas están asociadas a la dificultad de conseguir financiamiento de deuda con la banca o un contrato PPA con algún cliente libre".

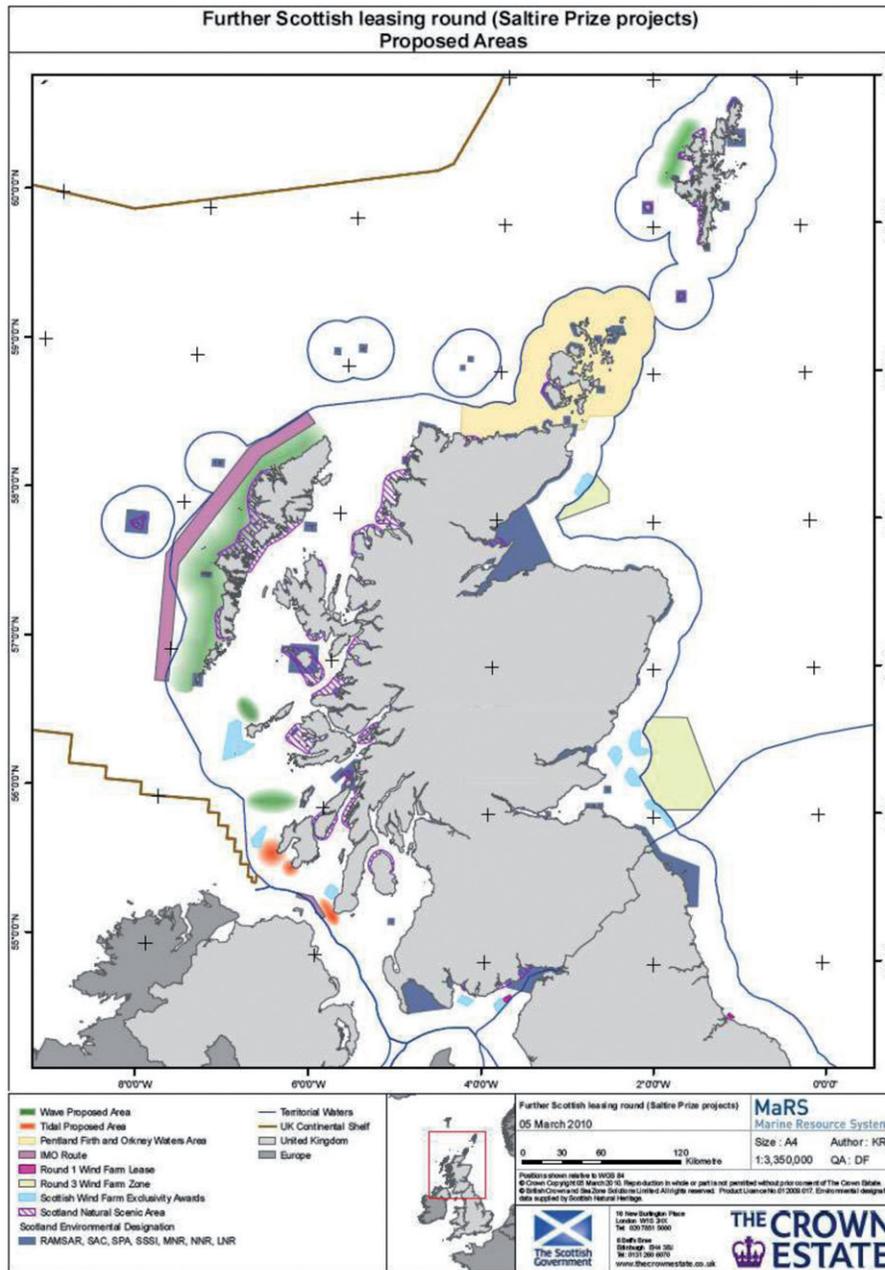
Anexo 3: Mapa político de Chile



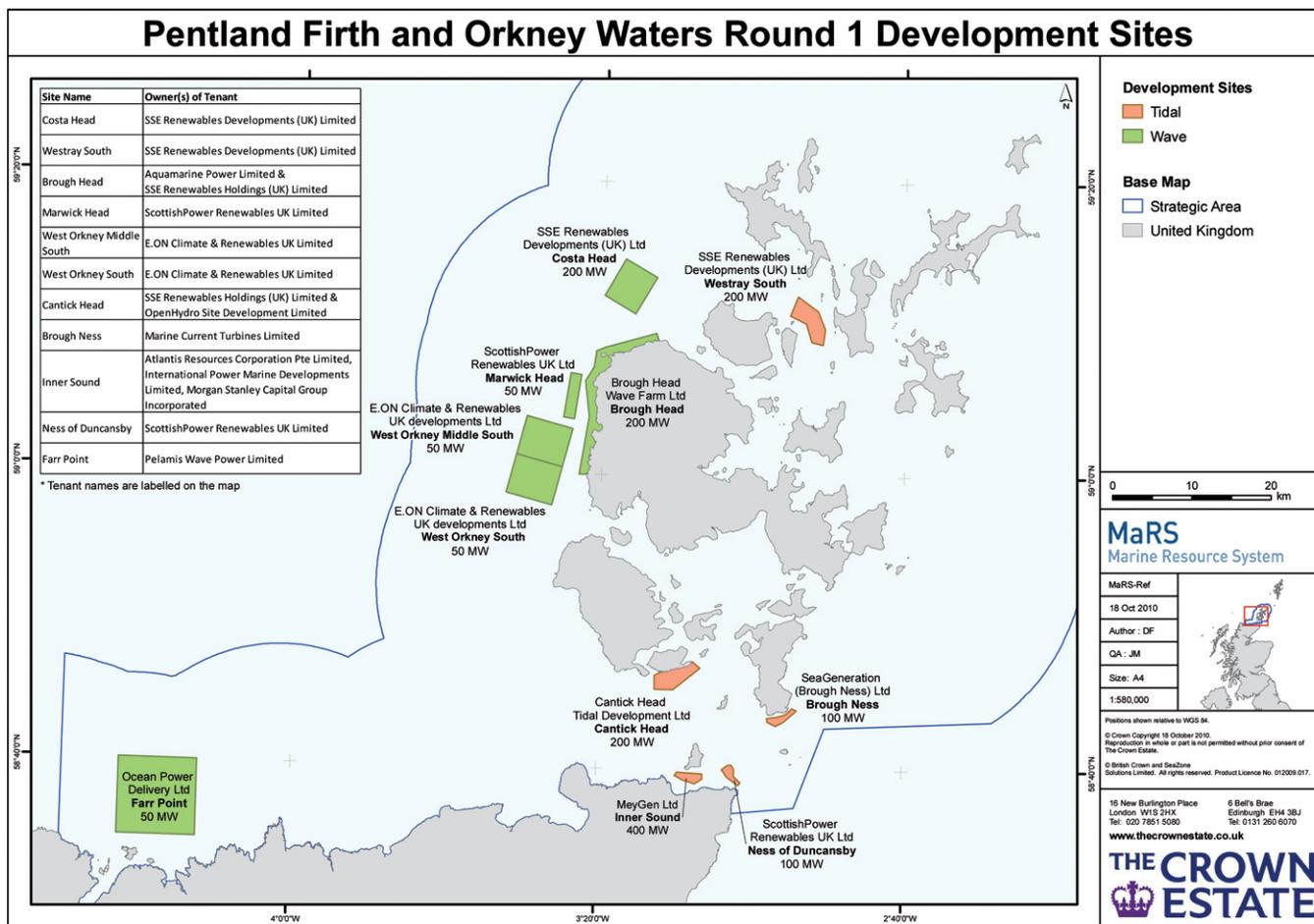
(WIKIPEDIA COMMONS)

Anexo 4: Figuras de las áreas de arrendamiento para el desarrollo de energía marina en Escocia.

La figura a continuación presenta la siguiente ronda de arrendamiento en Escocia para futuros proyectos.



Mapa que muestra los sitios actualmente arrendados en las áreas estratégicas de Pentland Firth y Orkney Waters



S:\MARINE\Restricted\MaRS\GIS\TCE_Work\Pentland_Firth\Confidential\MXD\Final_Bidders_Info_Oct10_ForWebsite.mxd



AMERICO VESPUCIO 100, Piso 16.
TEL. 56-2-6949300, SANTIAGO, CHILE

ENERGÍA MARINA EN CHILE

AVANZANDO EN EL
DESARROLLO DEL
RECURSO CHILENO



British Embassy
Santiago



THE UNIVERSITY
of EDINBURGH