

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS PARA EL DESARROLLO
DE LA ENERGÍA MARINA EN CHILE.**

SERGIO VERSALOVIC QUIROGA

Santiago, Chile
2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS PARA EL DESARROLLO
DE LA ENERGÍA MARINA EN CHILE.**

**IDENTIFICATION OF BARRIERS TO DEVELOPMENT
OF MARINE ENERGY IN CHILE.**

SERGIO VERSALOVIC QUIROGA

Santiago, Chile
2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS PARA EL DESARROLLO
DE LA ENERGÍA MARINA EN CHILE.**

Memoria para optar al Título Profesional de:
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

SERGIO VERSALOVIC QUIROGA

	Calificaciones
Profesor Guía	
Sr. Juan Manuel Uribe Ingeniero Agrónomo	7,0
Profesores Evaluadores	
Sr. Gerardo Soto Ingeniero Agrónomo, MSc. Dr.	6,5
Sr. Víctor García de Cortázar Ingeniero Agrónomo	6,3

Santiago, Chile
2011

INDICE

RESUMEN	3
Palabras Clave:	3
ABSTRACT	4
Keywords:	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Motivación	5
1.2 Objetivo	5
1.3 Procedimiento de Análisis	6
2. ANTECEDENTES GENERALES	8
2.1 La Energía del Mar	8
2.2 Tecnologías para la Conversión de la Energía del Mar en Electricidad	9
2.2.1 Energía Undimotriz.	10
2.2.2 Energía Mareomotriz.	11
2.2.3 Corrientes Estuariales e Intermareales.	11
2.2.4 Corrientes Oceánicas.	11
2.2.5 Gradientes Térmicos y Salinos.	12
2.3 Situación de las Energías Marinas a Nivel Mundial	12
2.4 Potencial de Desarrollo en Chile de la Energía Marina	14
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
3.1 Condiciones de Acceso al Mercado Eléctrico Chileno para las Energías Marinas	15
3.2 Barreras Regulatorias, Políticas e Institucionales	16
3.2.1 Legislación Aplicable Dispersa.	16
3.2.2 Carencia de Reglamentos y Normas Específicas.	17
3.2.3 Regulaciones del Mercado Eléctrico.	17
3.2.4 Incertidumbre Sobre las Políticas Públicas en Materia de ERNC.	17
3.2.5 Acreditación de Cuotas de ERNC.	18
3.2.6 Acceso a Información sobre los Recursos Energéticos Disponibles.	18

3.2.7 Multiplicidad de Trámites y Permisos Requeridos.....	19
3.3 Barreras Económicas y Financieras	20
3.3.1 Altos Costos de Inversión Inicial para Tecnologías de Energía Marina.	20
3.3.2 Costos Elevados de Prospección del Recurso.....	20
3.3.3 Desconfianza de la Banca Privada Frente a Proyectos de Energías Marinas.	21
3.3.4 Desconocimiento de los Instrumentos de Apoyo del Estado.....	21
3.3.5 Inestabilidad en los Precios de Comercialización de la Energía.	22
3.3.6 Alto Costo de Conexión a la red Eléctrica.....	22
3.3.7 Costos de los Estudios, Trámites y Permisos.....	23
3.4 Barreras Tecnológicas y de Capital Humano	24
3.4.1 Desarrollo Tecnológico Divergente y Riesgo Tecnológico Alto.	24
3.4.2 Requerimientos Técnicos para la Conexión al Sistema Eléctrico.	24
3.4.3 Falta de Capacidad del Sistema Eléctrico para Transportar la Energía.	25
3.4.4 Desarrollo Insuficiente de Industria Auxiliar Local.	25
3.4.5 Falta de Profesionales Capacitados.....	26
4. CONCLUSIONES.....	27
5. BIBLIOGRAFÍA	28

RESUMEN

Las energías marinas contemplan a la energía de las olas, de las mareas, las corrientes oceánicas, las corrientes estuariales y las gradientes de temperatura y salinidad. Se estima que el potencial técnicamente explotable de energías marinas a nivel mundial podría satisfacer cuatro veces la demanda mundial de energía eléctrica, aunque dado el insuficiente desarrollo tecnológico alcanzado retrasa las perspectivas de crecimiento de esta industria. En el caso de Chile, los más de cuatro mil kilómetros de costa y la influencia de diferentes frentes de olas provenientes de distintos puntos del océano pacífico, indican un alto potencial. Un estudio encargado por el BID establece que ese potencial está en torno a los 145 GW de potencia técnicamente explotable, 11 veces la capacidad instalada actual. Sin embargo, existe una serie de barreras al desarrollo de las energías marinas en Chile, donde hasta el momento no se han desarrollado proyectos a escala comercial. Las barreras normativas e institucionales están relacionadas con un marco normativo disperso y creado para otros fines, lo que resulta en un sistema de trámites y permisos poco eficiente. En el aspecto económico las principales barreras pasan por el alto costo de las tecnologías en fase de prototipos, los altos costos de operación y la desconfianza de la banca al otorgar créditos para la inversión. Respecto a las barreras tecnológicas, las principales corresponden al riesgo tecnológico de los prototipos en fase de pruebas y la falta de capital humano especializado que permita implementar la industria a nivel local. Finalmente, se requiere de un esfuerzo público privado coordinado y coherente que permita mejorar el marco normativo aplicable, entregar apoyo financiero y técnico al desarrollo de la industria, y generar capacidades locales que permitan la consolidación de una industria capaz de satisfacer sus propias necesidades.

Palabras Clave:

Energías marinas, energías renovables no convencionales, análisis de barreras.

ABSTRACT

Marine energies considerer wave energy, tidal, ocean currents, estuarine currents and temperature and salinity gradients. It is estimated that the technically exploitable potential of marine energy worldwide could meet four times the global demand for electricity, although given the insufficient technological development achieved delay the growth prospects of this industry. In the case of Chile, more than four thousand kilometers of coastline and the influence of different wave fronts coming from different parts of the Pacific Ocean, indicate a tremendous potential. A study commissioned by the IDB states that this potential is around 145 GW of technically exploitable, 11 times the current installed capacity. However, there are a several number of barriers to the development of marine energy in Chile, where so far no projects have been developed on a commercial scale. Policy and institutional barriers are related to a dispersed regulatory framework created for other purposes, resulting in a system of inefficient paperwork and permits. On the economic side the main barriers pass through the high cost of technology in prototype stage, high operating costs and distrust of banks in lending for investment. Regarding the technological barriers, the main technology risks correspond to the prototypes in testing and lack of specialized human capital to enable the industry to implement locally. Finally, it requires a public-private effort coordinated and coherent approach to improve the regulatory framework, provide financial and technical support for the industry development and building local capacity to enable the consolidation of an industry capable of meeting their own needs.

Keywords:

Marine energy, renewable energy, barrier analysis.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación

La Agencia Internacional de Energía ha señalado que la energía de los mares, a nivel mundial, puede contribuir de manera importante a la seguridad energética y la reducción de las emisiones de carbono ya que cuenta con tres atributos esenciales: suministro ilimitado, predecible, y sin emisiones de carbono a la atmósfera. Si bien el desarrollo tecnológico está en gran medida en etapa de prototipos, existe actualmente una tendencia hacia la reducción de costos de inversión y operación, con un aumento sostenido de la eficiencia de los equipos, lo cual indica que en el corto plazo estos proyectos podrán ser factibles técnica y económicamente (IEA, 2009).

En Chile las condiciones para el desarrollo de las energías marinas están entre las más favorables a nivel mundial, según un estudio encargado por el Banco Interamericano de Desarrollo a la empresa consultora Garrad Hassan el año 2009, donde se destacan los más de 4 mil kilómetros de costa abierta al océano pacífico, los altos valores estimados de energía de olas y de mareas en la costa de Chile continental, y la economía local en crecimiento que presenta un aumento constante de la demanda de energía eléctrica (Garrad Hassan, 2009). Sin embargo, las energías marinas, al igual que otras energías renovables no convencionales (ERNC) como la geotermia o la concentración solar de potencia, aún no cuentan siquiera con una primera experiencia en nuestro país.

Existen múltiples causas para el bajo desarrollo de las ERNC en Chile, por lo que diversas instituciones públicas y privadas han estudiado en los últimos años las barreras que dificultan, retrasan o impiden el desarrollo de esta industria, sin embargo las energías marinas no son incluidas en estos análisis por considerarse poco factibles en el corto plazo. Por otra parte, instituciones extranjeras han estudiado los recursos energéticos marinos en las costas de Chile, pero sin el conocimiento local de las barreras que enfrentan este tipo de proyectos. Es por eso que la principal motivación para emprender este trabajo, es analizar el potencial de desarrollo de las energías marinas en Chile, pero bajo la óptica de las barreras regulatorias, institucionales, económicas y técnicas que deben ser resueltas para proyectar esta abundante fuente energética como una alternativa de futuro.

1.2 Objetivo

Analizar el escenario actual y los principales desafíos para el desarrollo de las energías marinas en Chile, en base a las barreras identificadas por estudios realizados por el Banco Interamericano de Desarrollo y el centro EMEC de Escocia, entre otros.

1.3 Procedimiento de Análisis

El alcance del trabajo de esta monografía se refiere al potencial de desarrollo de las energías marinas en Chile, tanto en su litoral continental e insular, como en su mar territorial.

El método de trabajo contempla en primer lugar una revisión bibliográfica previa de los antecedentes disponibles sobre las energías marinas en Chile, identificando de forma preliminar la información que es relevante y pertinente respecto al objetivo de esta monografía.

Una vez seleccionada la información que será utilizada para este trabajo, se realiza un análisis de contexto, el que permita elaborar un marco de referencia del estado del arte de las energías marinas en Chile. Luego de esto se pueden identificar las principales barreras descritas o sugeridas en los documentos consultados.

A continuación se realiza el análisis de barreras, el que consiste en identificar y describir los principales aspectos que dificultan, retrasan o impiden el desarrollo de proyectos de energías marinas en Chile. Estas barreras son categorizadas según su ubicación en la cadena de valor de la industria de energías marinas, según sean barreras regulatorias, institucionales, de mercado o tecnológicas.

Finalmente, se presentan las conclusiones que emanen del análisis de estos antecedentes en concordancia con el objetivo planteado inicialmente. La monografía será estructurada de la siguiente forma:

1. Introducción. Motivación del trabajo, objetivos y procedimiento de análisis.
2. Antecedentes generales. Marco de referencia de las energías marinas, tecnologías disponibles y perspectivas de desarrollo en Chile.
3. Análisis de barreras. Categorizadas según sean barreras regulatorias, institucionales, de mercado o tecnológicas.
4. Conclusiones en base al análisis realizado y en concordancia con el objetivo del trabajo.

El material consultado corresponde a estudios realizados en Chile, con el apoyo de agencias multilaterales de cooperación y centros de investigación, entre enero de 2007 y junio de 2010. El trabajo de monografía, por su naturaleza, no requiere de materiales especiales.

Uno de los principales estudios considerados es el realizado el año 2009 por la consultora Garrad Hassan, "Chilean marine energy resources", encargado por la Comisión Nacional de Energía de Chile (CNE) y financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Este estudio recopila, sistematiza y analiza información sobre potencial energético, marco regulatorio e institucional, y perspectivas de desarrollo, a partir de lo cual entrega recomendaciones para planes de acción y diseño de políticas públicas.

Otro documento de consulta de gran relevancia es el estudio realizado el año 2009 por la consultora Ecofys Valgesta, “Energías renovables no convencionales en Chile”, encargado y financiado por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). Este estudio recopila, sistematiza y analiza información sobre los mercados de energía, tecnología y servicios, así como de los requerimientos y potencialidades en términos de capital humano y desarrollo de servicios conexos, con el objetivo de entregar recomendaciones para el fomento y promoción de las diversas fuentes de energías renovables y el desarrollo de la industria.

Estos informes fueron consultados en el centro de documentación del Centro de Energías Renovables (CER).

Dada la naturaleza de este trabajo de monografía no se requiere tratamiento estadístico.

2. ANTECEDENTES GENERALES

2.1 La Energía del Mar

Existen diversos fenómenos físicos en los océanos que pueden ser aprovechados para generar electricidad, ocasionados por la influencia del sol y la luna sobre la superficie de la tierra; las mareas, las olas, las corrientes oceánicas y las gradientes salinas y térmicas (OES IA, 2009).

Las **mareas** corresponden a la diferencia de la altura media de los mares según la posición relativa de la luna respecto a la tierra, cuyos campos gravitacionales combinados con el sol ocasionan un desplazamiento de grandes masas de agua (Asmus, 2009). Los ciclos de mareas tienen una duración aproximada de 24 horas y 50 minutos, por lo que las mareas altas y bajas no ocurren a la misma hora todos los días.

En lugares con rango macromareal, donde la diferencia entre la pleamar y la bajamar es mayor a 4 metros, esta diferencia de altura puede ser utilizada para generar energía. Los flujos de agua generados por las mareas en la franja cercana a la costa, también pueden ser utilizados para obtener electricidad. Las diferencias de altura entre las mareas pueden superar los 10 metros, como en el extremo este del estrecho de Magallanes o en la bahía de Newport, en Escocia (Garrad Hassan, 2009).

Las **olas** corresponden a ondas mecánicas producidas por la interacción de la atmósfera sobre la superficie del agua, donde la fuerza generadora de las olas corresponde al viento y la fuerza restauradora es la gravedad. Al ser el viento producido por diferencias de temperatura en las distintas capas de la atmósfera a causa de la energía recibida del sol, se considera a las olas como una forma terciaria de energía solar.

La fricción del viento sobre la superficie del agua ocasiona olas capilares, de hasta 2 centímetros de altura, las que al acumular energía se transforman en olas de gravedad que pueden alcanzar alturas de varios metros. Al aumentar la altura de la ola, mayor es el frente de contacto que extrae energía del viento, por lo que el efecto se multiplica. La cantidad de energía cinética contenida en una ola depende de ciertas variables del viento; velocidad, estabilidad en su dirección, y la persistencia en el tiempo (Asmus, 2009).

Las **corrientes marinas** u oceánicas corresponden al movimiento de traslación continuado y permanente de una masa de agua por el océano, el cual es provocado por la acción combinada de la rotación de la tierra, el efecto Coriolis (que es el efecto que hace girar el drenaje en un sentido u otro dependiendo del hemisferio de la tierra donde se encuentre), los vientos planetarios permanentes y la topografía del fondo del océano y las costas.

Las corrientes oceánicas son tridimensionales, ya que presentan desplazamientos verticales y horizontales al mismo tiempo. Otra característica importante es su régimen permanente, lo que las diferencia de las corrientes de mareas que cambian de dirección según estén en ciclo de marea baja o alta (Asmus, 2009). Existen corrientes permanentes como la corriente de Humboldt, o estacionales como el fenómeno de El Niño.

El efecto de la radiación solar sobre la superficie del océano produce una diferencia entre la temperatura de la superficie, que normalmente está entre los 20 y los 30 °C, y la temperatura de las capas profundas, que no sobrepasa los 4 °C a una profundidad de 1.000 m. Entre la capa superficial y la profunda, hay una capa de transición en la cual la temperatura baja de manera homogénea, actuando de aislante térmico. Esto es lo que se conoce como **gradiente térmico**.

Otro efecto de la radiación solar sobre la superficie del mar es la evaporación, la cual provoca diferencias de salinidad entre la superficie y las aguas profundas o entre corrientes oceánicas provenientes de zonas tropicales y polares. Estas diferencias de salinidad son graduales en el perfil vertical del océano, pero son diferencias netas entre corrientes que circulan en sentido opuesto. También se produce una **gradiente salina** en las desembocaduras de los ríos, donde la enorme diferencia de salinidad puede ser aprovechada para generar flujos osmóticos.

2.2 Tecnologías para la Conversión de la Energía del Mar en Electricidad

En los últimos 20 años se ha producido un importante desarrollo de diferentes tecnologías destinadas a convertir en electricidad la energía contenida en los océanos, ya sea esta proveniente de las olas, mareas, corrientes oceánicas o gradientes térmicos y salinos. Este desarrollo se encuentra mayormente en etapa de diseño y prueba de prototipos, donde en la actualidad existen una amplia gama de tecnologías que aprovechan diferentes formas de energía marina mediante diversos principios físicos. Al ser un desarrollo altamente disruptivo, con más de 200 nuevas patentes sólo en el año 2009 (Denniss, 2010), no hay en la actualidad una tecnología que predomine sobre las otras.

Por ejemplo, la energía eólica ha tenido un desarrollo convergente hacia el aerogenerador de eje horizontal con 3 aspas, el cual es escalable desde unos pocos watts de potencia hasta el prototipo de 11 MW de potencia en desarrollo en Noruega (IEA, 2009), lo que ha permitido que esta fuente de energía se desarrolle masivamente bajando los costos y concentrando el desarrollo tecnológico en aumentar la eficiencia y mejorar la calidad y confiabilidad de los equipos. En el caso de las tecnologías para energías marinas, la divergencia en el desarrollo de equipos mantiene a esta fuente de energía en una posición secundaria respecto a otras fuentes de ERNC, dados los altos costos y baja confiabilidad de los equipos, lo que resta competitividad a los proyectos de generación eléctrica. A continuación, se presentan los principales tipos de tecnologías en desarrollo.

2.2.1 Energía Undimotriz.

La energía cinética contenida en las olas es la fuente que más interés ha despertado en los desarrolladores de tecnologías, con más de 140 patentes registradas en el año 2009 (Denniss, 2010). Al no existir un desarrollo tecnológico predominante, se están explorando diversas alternativas de conversión de la energía de las olas en electricidad, las cuales pueden ser agrupadas según diversos criterios.

Localización. Los dispositivos undimotrices pueden estar fijos en el borde costero, fijos en el fondo del mar, flotando en la superficie del mar, o flotando a media profundidad. Según la ubicación que tenga el dispositivo, es el tipo de mecanismo utilizado para la conversión de energía. Por ejemplo, un dispositivo flotante en alta mar aprovechará el movimiento oscilatorio vertical, mientras que un dispositivo fijo en el fondo del mar será accionado por el movimiento horizontal de las olas en profundidad.

Mecanismo. Por lo general los diversos equipos undimotrices buscan transformar energía mecánica, generada al accionar sus partes móviles con el movimiento horizontal o vertical de las olas, mediante diversos tipos de generadores eléctricos. En ese sentido están los sistemas neumáticos que funcionan con aire comprimido, los sistemas hidráulicos que funcionan con un fluido a presión, y los sistemas mecánicos que transfieren directamente el movimiento del dispositivo al generador eléctrico. También existen algunos dispositivos que utilizan energía elástica y potencial gravitacional como intermedio de la energía cinética de la ola y el generador eléctrico.

Tanto la localización del dispositivo como el mecanismo utilizado pueden originar múltiples combinaciones. Por ejemplo, uno de los principales dispositivos undimotrices en etapa pre comercial es Pelamis, el cual consiste en un dispositivo flotante con mecanismo hidráulico. Otro dispositivo en etapas avanzadas de desarrollo es Wavegen OWC (oscillating water column), el cual es un equipo fijo en la línea de costa que opera con presión de aire (EMEC, 2009).

Wavegen OWC es el dispositivo undimotriz más antiguo en estar conectado a la red eléctrica, con su planta piloto en Islay, Escocia, funcionando ininterrumpidamente desde el año 2000 (Garrad Hassan, 2009).

Finalmente, otro aspecto común a los diversos dispositivos de tecnología undimotriz, es la limitada escalabilidad de los equipos. El desarrollo actual sitúa el tamaño máximo de cada unidad generadora en 1MW, o menos según el tipo de tecnología, pero requiere de proyectos con múltiples unidades de generación para poder crecer en potencia. Esto se debe a que la dimensión de los equipos está dada por la longitud y altura máxima de las olas, por lo que un dispositivo probado para una potencia de 500 KW no se puede escalar directamente a 10 veces su tamaño para generar 5 MW, ya que es probable que las olas no sean capaces de mover un aparato de semejantes dimensiones (EMEC, 2009).

2.2.2 Energía Mareomotriz.

La energía mareomotriz es la más conocida por el público general de habla hispana, quienes tienden a llamar mareomotriz a todo tipo de energía marina (Garrad Hassan, 2009). La primera central de este tipo se encuentra en el estuario del río Rance, en Francia, la que opera con una represa de 750 metros de largo que se abre al subir la marea y se cierra en el peak de la marea alta, dejando caer por gravedad el agua cuando baja la marea aprovechando los 13,5 metros de diferencia de altura entre las mareas existentes en esta zona. Esta central entró en operación el año 1964 con una potencia instalada de 240 MW, generados por una serie de 24 turbinas. Al tener un régimen de mareas, esta no genera de manera permanente todo el día, por lo que su potencia media es de 68 MW.

La tecnología de embalses no se ha hecho masiva por los diversos problemas surgidos en este tipo de centrales, como el embancamiento de los ríos, cambios en la salinidad de los estuarios y cambios en los ecosistemas acuáticos y marinos. Este tipo de centrales requieren de grandes diferencias de altura entre mareas, y una planicie costera de muy baja pendiente.

2.2.3 Corrientes Estuariales e Intermareales.

Este tipo de tecnologías buscan aprovechar la energía cinética de las corrientes de aguas costeras someras producidas por la desembocadura de los ríos en el mar, las corrientes de flujo y reflujos de marea, o la combinación de estas. Emplean tecnología similar a los aerogeneradores, pero con equipos de menor envergadura y mayor resistencia, ya que el agua puede tener una densidad hasta 900 veces mayor que el aire, dependiendo de la salinidad (Asmus, 2009).

La convergencia tecnológica ha permitido que este tipo de dispositivos se desarrollen más rápidamente, por lo que representan en la actualidad cerca del 90% a nivel mundial de la capacidad instalada de generación eléctrica a partir de recursos energéticos del mar, sin embargo representan menos del 1% del potencial técnicamente factible de energías marinas en el mundo. Generalmente este tipo de dispositivos son instalados en la desembocadura de ríos de gran caudal, lo cual generalmente los sitúa cerca de grandes centros de consumo energético, donde los principales ejemplos son Rotterdam en Holanda y San Francisco en California (Dennis, 2010).

2.2.4 Corrientes Oceánicas.

Las corrientes oceánicas, tal como se mencionaba anteriormente, cuentan con la ventaja de ser constantes y permanentes a diferencia de las corrientes de mareas que cambian continuamente y tienen períodos de transición en los cuales la energía cinética aprovechable es muy baja. La tecnología para este tipo de dispositivo converge hacia turbinas de eje en el sentido del flujo y palas radiales múltiples, como las utilizadas para propulsar a los aviones comerciales modernos.

La dificultad es que este tipo de instalaciones requiere de equipos más resistentes a las presiones del fondo oceánico, y de baja necesidad de mantenimiento por los altos costos de operar en aguas profundas. Además, se requiere de mayor cantidad de cables submarinos para transportar la energía obtenida (Denniss, 2010).

Sin embargo, se estima que a futuro esta es una de las principales alternativas de suministro eléctrico, donde al converger el desarrollo en una tecnología dominante, se podrá avanzar rápidamente en nuevos materiales y eficiencia en el funcionamiento de los equipos. Uno de los países que lideran este desarrollo es Australia, debido en parte a que la energía de las corrientes oceánicas es mayor en el hemisferio sur, algo que se debe mirar con atención desde Chile (Garrad Hassan, 2009)

2.2.5 Gradientes Térmicos y Salinos.

La tecnología para aprovechar los gradientes térmicos está en etapa de desarrollo experimental, pero se conocen las primeras plantas pilotos que utilizan un fluido de bajo punto de ebullición que aproveche la temperatura de la superficie del océano para generar presión de vapor y mover una turbina. Este fluido es enviado a un enfriador en aguas más profundas para ser condensado y reinyectado a la parte superior del sistema en un ciclo cerrado. Estados Unidos y Alemania están trabajando con isopentanos de bajo punto de ebullición, donde la principal meta es bajar los costos de inversión y operación.

La tecnología que utiliza las gradientes salinas, conocida también como energía azul, consiste en un sistema que aprovecha la diferencia de salinidad entre el agua dulce obtenida en la desembocadura de un río y el agua de mar. Estos sistemas operan por electrodiálisis inversa mediante membranas permeables a iones específicos, los cuales generan presión osmótica que puede ser utilizada para accionar un generador eléctrico. La principal barrera de esta tecnología es el costo de las membranas, pero actualmente se está experimentando en Holanda con membranas de polietileno modificado eléctricamente, lo cual abre las perspectivas del desarrollo comercial. La primera planta piloto de 50 KW fue inaugurada el año 2005 en Harlingen, Holanda (Denniss, 2010).

2.3 Situación de las Energías Marinas a Nivel Mundial

El poder de los océanos del mundo podría hacer contribuciones enormes a la seguridad energética y a la mitigación de las emisiones de CO₂ en el largo plazo. Se estima que el aprovechamiento de su energía podría producir más de cuatro veces la cantidad de electricidad que se puede obtener con la actual capacidad mundial de generación. En algún momento en el futuro, toda la energía consumida en la tierra se derivará de fuentes renovables. El plazo para este cambio de los combustibles fósiles a fuentes de energías renovables es discutible, pero el resultado final no lo es. Esta situación se produce por dos razones, una de ellas se refiere al medio ambiente y los esfuerzos para combatir el cambio

climático a nivel global. La segunda razón es que, simplemente, la tasa de utilización de los recursos mundiales de combustibles fósiles supera a su reposición en la naturaleza en un factor de millones. Esto implica que la disponibilidad de petróleo se estima en décadas, mientras que para el carbón sólo en un par de siglos, según los cálculos optimistas. Las reservas de carbón, petróleo y gas, se agotarán en un futuro no muy lejano (OES IA, 2009).

Existen muchas alternativas a los combustibles fósiles y en cantidades que superan con creces el ritmo actual de consumo de energía. Quizás el recurso menos explorado y ciertamente el menos utilizado, es la energía oceánica. Comúnmente se estima que el poder en los océanos, en sus múltiples formas, supera el uso humano actual en un factor de más de cinco mil veces. Un estudio reciente estimó que el potencial global anual de la generación de electricidad técnicamente factible, solamente considerando la generación eléctrica a partir de las olas y las mareas, puede ser de más de 91 mil TWh, lo que contrasta con la capacidad instalada actualmente en el mundo que no sobrepasa los 20 mil TWh.

Solamente las olas tienen el potencial teórico, basado en las estimaciones anteriores, para proporcionar más de cuatro veces el uso mundial de energía actual. Sin embargo, la gran mayoría de esta energía se disipa finalmente en las playas. Si tan sólo un pequeño porcentaje de esta energía se aprovechara de manera eficaz, jugaría un papel significativo en la producción energética mundial (Ecofys, 2009).

Literalmente cientos de diseños de la tecnología de más de 100 empresas están compitiendo por la atención a medida que impulsan una variedad de opciones de dispositivos marinos. La mayoría son pequeñas nuevas empresas, pero un pequeño número de grandes jugadores, como Scottish Power, Lockheed Martin y Pacific Gas, están en busca de nuevas oportunidades de negocio en las energías marinas. Incluso, grandes compañías petroleras como Chevron, BP y Shell también están invirtiendo en este sector (UNDP, 2010).

La demanda de energía en todo el mundo seguirá creciendo a un ritmo espectacular entre los años 2009 y 2025, con las fuentes de energías renovables superando al gas natural como la segunda fuente más grande detrás del carbón para el año 2015 (IEA, 2009). El Laboratorio Nacional de Energías Renovables de los Estados Unidos (NREL) ha sugerido que las tecnologías de energía marina podrían alcanzar para el año 2025 al 2% de la demanda de electricidad, proporcionando 80 TWh por año de producción de energía. Para el 2025, por lo menos 25 GW de energías renovables marinas totales se desarrollará a nivel mundial. Si una nueva regulación de emisiones de carbono en los Estados Unidos entra en vigencia antes de 2012, y los objetivos establecidos por varios gobiernos europeos para las energías marinas se cumplen, se estima que la participación de las energías marinas podría llegar hasta 200 GW en 2025; 115 GW de olas, 57 GW de corrientes intermareales, 20 GW de mareomotriz, 4 GW de corrientes oceánicas y 3 GW de flujo estuarial (IEA, 2009).

Para el año 2015, Pike Research estima un potencial de más de 22 GW de las distintas tecnologías de energías marinas. Estos cálculos basados en diversos proyectos actualmente en evaluación, diseño o construcción en los Estados Unidos, Reino Unido y Filipinas (Asmus, 2009).

2.4 Potencial de Desarrollo en Chile de la Energía Marina

El potencial de energías renovables no convencionales en Chile, es en la actualidad un tema de interés general y dominio público, dada la mayor sensibilización del público general frente a las necesidades de energía del país, los impactos de los medios convencionales de generación eléctrica, y la variedad y abundancia de recursos energéticos renovables disponibles. Dentro de estos recursos, una de las fuentes con mejores perspectivas de desarrollo a largo plazo es la energía del mar, considerando los más de 4 mil kilómetros de costa y las distintas corrientes oceánicas que se abaten sobre ella (Garrad Hassan, 2009).

Las estimaciones de potencial de generación eléctrica a partir de la energía de las olas dan un valor medio para las costas chilenas de 24 KW por metro de frente de olas, con un gradiente de crecimiento desde norte a sur. Para la tecnología actual, se considera que bastan 5 KW/m para generar electricidad pero sobre 10 KW/m los proyectos pueden aportar con mayor seguridad en el suministro. Se considera que toda la costa chilena tiene potencial de generación de energía undimotriz, pero la factibilidad técnica y económica se estima mayor entre la V y X regiones. El extremo norte del país tiene menos potencial, mientras que el extremo sur austral tiene un mucho mayor potencial pero está alejado de los centros de consumo.

El estudio encargado por la CNE y el BID el año 2008 para determinar los puntos de mayor potencial, también detectó sitios de alto potencial de energía de corrientes intermareales. Se señala al canal de Chacao como el tercer punto en el planeta con mayor potencial de este tipo de energía. También se mencionan como puntos de interés el canal de Apiao en Chiloé, y el extremo oeste del estrecho de Magallanes (Garrad Hassan, 2009).

Teniendo un potencial de generación eléctrica estimado por el mismo estudio de Garrad Hassan, que supera los 145 GW de potencia técnicamente explotable, considerando sólo la energía de las olas y las mareas, se infiere que la energía proveniente del mar podría satisfacer varias veces las necesidades energéticas del país.

Por otra parte Chile presenta condiciones cada vez más favorables para el desarrollo de las ERNC, en parte por su crecimiento sostenido de la economía y por ende de la demanda de energía, como también por la disposición del Estado a exigir una cuota obligatoria de ERNC en el mercado eléctrico y la creciente conciencia ciudadana de la importancia de contar con un suministro de energía más limpio (GTZ, 2007).

Dados estos antecedentes, la participación que las energías marinas tengan en la matriz energética chilena en el largo plazo, va a depender en gran medida de la capacidad de los actores públicos y privados de generar en conjunto las condiciones adecuadas para el desarrollo de la industria primaria y los servicios conexos. En ese sentido, en el siguiente capítulo se abordarán las principales barreras existentes para el desarrollo de las energías marinas en Chile, con lo cual se pretende entregar una visión crítica de los desafíos que enfrentará esta industria en los próximos años.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Condiciones de Acceso al Mercado Eléctrico Chileno para las Energías Marinas

El mercado eléctrico chileno está regulado por la Ley 20.257 o Ley General de Servicios Eléctricos, la cual establece en conjunto a otros cuerpos normativos las condiciones para los servicios de generación, transmisión y distribución del suministro eléctrico. Dentro de las múltiples disposiciones reglamentarias, se encuentra la exigencia actual de acreditar un 5% de generación con ERNC para todos los proyectos que entren en operación desde el 1 de enero del 2007, incrementándose gradualmente desde el 2014 al 2024 hasta un 10% (Ministerio de Economía, 2008).

Esta exigencia, que podría ser extendida a un 20% de ERNC para el año 2020, abre un interesante mercado para las energías marinas, ya que se crea una necesidad específica de acreditar la generación eléctrica de ERNC para los proyectos de generación convencional (CER, 2010).

Los proyectos de energías marinas, al igual que cualquier otro proyecto de ERNC en Chile, deben cumplir las exigencias técnicas y ambientales establecidas por la autoridad competente. La Ley establece que un proyecto de ERNC de hasta 9 MW de potencia real puede conectarse a la red de distribución eléctrica en tensiones de hasta 2 kV, pudiendo conectarse en tensiones y potencias mayores a la red de transmisión.

Si el proyecto se va a conectar a la red de distribución, debe cumplir con la norma técnica de conexión y operación en media tensión (NTCO), si la conexión se realiza directamente al sistema de transmisión, rige la norma técnica de seguridad y calidad del servicio (NTSCS). La tramitación de los permisos para conectarse en ambos casos, debe tramitarse en la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) según los procedimientos establecidos en las propias normas (Ministerio de Economía, 2008).

La conexión a una red de distribución requiere de un diseño detallado de los mecanismos y equipos de control, emergencia y seguridad para la conexión, los cuales deben ser aprobados por la compañía eléctrica propietaria de la red. El costo de los equipos debe ser cubierto por la empresa generadora, pero es la empresa distribuidora la que debe ejecutar las obras. En el caso de la conexión a un sistema de transmisión, los costos de conexión son integrados en el cálculo del cobro de peaje por uso de la red.

Adicionalmente, la participación en el mercado eléctrico requiere que las empresas con más de 9 MW de potencia instalada o con más de 100 kilómetros de tendidos eléctricos, financien de manera proporcional los costos del Centro de Despacho Económico de Carga (CDEC) que es el organismo técnico encargado de administrar la generación y transmisión de energía en el sistema (GTZ, 2007).

Por otra parte, la Ley 19.300 o Ley General de Bases del Medio Ambiente y sus reglamentos, establece que todo proyecto con una potencia instalada superior a 3 MW debe ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Lo mismo para proyectos que puedan afectar directa o indirectamente áreas protegidas públicas o privadas, independiente de la envergadura del proyecto. En el caso de las energías marinas, esto corre para zonas de manejo de pesca, áreas marinas protegidas, áreas con restricción por tráfico marítimo, o por zonas de ejercicios navales (CER, 2010).

3.2 Barreras Regulatorias, Políticas e Institucionales

Se consideran como barreras a toda situación o condición que implique una demora, dificultad o impedimento para el desarrollo y puesta en marcha de proyectos de generación con energías marinas. En el caso de las barreras regulatorias, políticas e institucionales, se consideran las diferentes disposiciones políticas, regulatorias o institucionales emanadas del sector público, así como aquellas situaciones que carecen de la atención requerida de parte de la autoridad competente.

3.2.1 Legislación Aplicable Dispersa.

En lo relativo a los proyectos de energía en general, existe una serie de normas aplicables tanto en materia técnica del mercado eléctrico, como en materia ambiental, uso de suelo, permisos de obras, planes de manejos y muchos más. Esta legislación se encuentra dispersa en múltiples leyes, códigos, normas y reglamentos los cuales son materia de múltiples instituciones públicas. Esto significa que las tareas de tramitación de permisos, evaluación de solicitudes y proyectos, fiscalización y seguimiento entre otros, no se realiza de manera planificada y coordinada (GTZ, 2007).

Por otra parte, en materia de normativa aplicable al borde costero y territorio marítimo, existen más de 220 normas vigentes en Chile, gran parte de las cuales corresponden a acuerdos o tratados internacionales firmados y ratificados por Chile lo que les otorga rango jurídico equivalente a una ley ordinaria. Si bien la fiscalización de estas normas recae principalmente en la Dirección de Territorio Marítimo y Marina Mercante de Chile (DIRECTEMAR), no existe un tratado de estas normas y su aplicabilidad a proyectos de energías marinas (Garrad Hassan, 2009).

Esta situación se configura como una barrera por cuanto no existe seguridad de que un proyecto cumpla con la legislación vigente aplicable hasta no haberla identificado por completo, corriendo el riesgo de que un proyecto en etapas avanzadas de desarrollo, incluso en etapa de construcción, pueda ser retrasado, modificado o incluso rechazado por una disposición normativa no identificada ni resuelta previamente. Los retrasos por las gestiones no planificadas pueden aumentar los costos de manera importante.

3.2.2 Carencia de Reglamentos y Normas Específicas.

Como se mencionaba anteriormente, en el caso de las energías marinas existen múltiples normas aplicables relativas al borde costero y territorio marítimo. Si bien estas normas por lo general se aplican a toda actividad realizada en el mar territorial chileno y el borde costero, no han sido formuladas específicamente para proyectos de energías marinas, por lo que no existe claridad en la autoridad competente de los procedimientos para la aplicación de esta normativa. Al no estar definidos los mecanismos y criterios de manera general por parte de la misma autoridad, la resolución queda a criterio del funcionario que deba resolver cada cuestión en particular (CER, 2010).

Esta situación es una barrera al desarrollo de proyectos puesto que no existe seguridad en que los criterios contemplados para un proyecto en particular sean aplicables a otros similares, puesto que el criterio emana de una apreciación personal y particular, y no a un procedimiento establecido de manera previa. El enfrentarse a una situación en que la resolución depende de un criterio desconocido, impide realizar las gestiones adecuadas para anticiparse a los requerimientos de la autoridad competente.

3.2.3 Regulaciones del Mercado Eléctrico.

Las regulaciones contempladas en la Ley 20.257 fueron formuladas para todo tipo de proyectos de energía sin distinción particular a sus características técnicas, temporalidad del suministro, tamaño del proyecto y fuente energética empleada. Por ejemplo, un proyecto de energía marina debe cumplir los mismos estándares técnicos en materia de calidad de suministro que una central termoeléctrica diesel, así como una central de 10 MW de potencia debe cumplir con las mismas exigencias que uno de 500 MW (GTZ, 2007).

Para pequeños proyectos de energías marinas, se debe contar con el apoyo de la empresa de distribución a la cual conectar el proyecto, de manera de no cargar con todos los costos de la conexión y un eventual aumento de la capacidad de red. Estas regulaciones se constituyen en una barrera en la medida en que obliga a competir a pequeños proyectos en igualdad de condiciones con empresas de gran magnitud y experiencia en el mercado eléctrico.

3.2.4 Incertidumbre Sobre las Políticas Públicas en Materia de ERNC.

Las disposiciones vigentes al mes de junio de 2010 establecidas en la Ley 20.257 señalan que todo proyecto de generación eléctrica convencional que entre en funcionamiento desde el 1 de enero de 2007, deberán acreditar un 5% de su capacidad instalada con fuentes de ERNC. Este porcentaje exigible aumentará entre el año 2014 y el año 2024 de manera gradual hasta llegar a un 10%.

Bajo estas condiciones, al mes de junio de 2010 el mercado eléctrico chileno cumplía lo establecido en la norma con un 5,7% de ERNC para los proyectos afectos a la norma. No obstante surge un nuevo elemento a considerar en la planificación a largo plazo de los proyectos eléctricos: el anuncio del Ministerio de Energía de aumentar la cuota de ERNC a un 20% exigible el año 2020 (CER, 2010). Esto genera un alto nivel de incertidumbre en el mercado eléctrico por cuanto el anuncio no ha sido acompañado del detalle técnico correspondiente, ni ha sido confirmado mediante las modificaciones requeridas a la Ley 20.257 y sus reglamentos.

La incertidumbre es una de las principales barreras a cualquier tipo de inversión, en este caso para proyectos de energías marinas que no sean comercialmente competitivos con proyectos de fuentes convencionales, ya que no existe seguridad respecto de la demanda de proyectos de ERNC para cumplir la cuota de 20% para el 2020.

3.2.5 Acreditación de Cuotas de ERNC.

La acreditación de cuotas de ERNC en la comercialización de energía por parte de las generadoras, se adopta como una manera de incentivar la incorporación de estas nuevas tecnologías. Sin embargo, son las mismas generadoras las que pueden acreditar su cumplimiento y elegir entre pagar una multa, implementar proyectos propios de ERNC o comprar energía verde. Si se considera que para las generadoras es una práctica habitual mantener la baja cantidad de competidores en el mercado, lo que se verifica en la alta concentración de nuestro mercado eléctrico, estas optan mayoritariamente por implementar sus propios proyectos de ERNC o traspasar los costos de las multas a los clientes, dificultando la participación de nuevos actores (Ecofys, 2009).

Esto produce una significativa barrera de entrada al mercado, disminuyendo la proporción de proyectos que se concretan, así como los beneficios sociales que la diversificación de actores y las energías limpias traen al país. Se considera como una barrera normativa, puesto que emana de la aplicación de la exigencia de cuotas que establece la Ley 20.257, la cual no contempla medidas para impedir la concentración del mercado.

3.2.6 Acceso a Información sobre los Recursos Energéticos Disponibles.

Uno de los principales requerimientos de un proyecto de ERNC en general es acceder a la mayor cantidad de información sobre los recursos potenciales factibles de utilizar en un proyecto de generación eléctrica, de manera anticipada. Esta información se requiere ya al nivel de idea de proyecto, cuando aún no se han generado los recursos financieros suficientes para sufragar estudios propios, por lo que es crítico poder acceder a bases de datos públicas sobre mapas, registros históricos y estudios sobre los recursos disponibles en un lugar en particular. Para proyectos de energías marinas, dado el alto costo de las mediciones, no se puede invertir a ciegas en un negocio que ya es de baja rentabilidad (Garrad Hassan, 2009).

El Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) es el órgano del Estado encargado de monitorear las principales variables oceanográficas, almacenar y analizar los datos, actualizar las cartas marinas y fiscalizar la instalación de equipos públicos o privados de monitoreo del comportamiento del oleaje o las mareas, entre otras cosas. Sin embargo, no toda la información que posee el SHOA es publicada, por lo que en algunos casos ni siquiera se conoce que tipo de información posee esta institución ni como acceder a ella.

Se requiere de una base de datos de consulta pública ya sea administrada por el SHOA u otra institución, de manera de poder acceder a la información existente de manera simple, y evaluar los verdaderos requerimientos de información evitando la duplicidad de esfuerzos. Esta carencia de información de acceso público es una barrera institucional, pero con repercusiones en el aspecto técnico y económico del proyecto.

3.2.7 Multiplicidad de Trámites y Permisos Requeridos.

En un reciente estudio respecto a los trámites requeridos para proyectos de generación eléctrica, realizado por la empresa MG por encargo del Ministerio de Energía, se identificó un listado de 56 trámites de diversa índole aplicables en su mayoría a todo tipo de proyectos. Estos trámites varían desde permisos simples de trámite inmediato, hasta el ingreso del proyecto al SEIA, el cual tiene una tasa promedio de demora para proyectos eléctricos de 320 días (MG Consultores, 2010).

Directamente relacionado con la dispersión de la normativa aplicable, los permisos requeridos deben ser tramitados en diferentes servicios públicos y en distintas etapas del desarrollo del proyecto, lo cual hace tremendamente compleja la planificación a largo plazo si no se conocen los tiempos de preparación de los antecedentes y tramitación de los permisos.

En este caso la barrera, de carácter tanto normativo como institucional, se refiere a la dificultad de sincronizar los tiempos de tramitación de los permisos con los tiempos de desarrollo del proyecto propiamente tal, ya que basta con que se demore o rechace un permiso de edificación, la resolución de calificación ambiental, o el protocolo de puesta en servicio para la conexión a red eléctrica, entre otros, para afectar gravemente los plazos y costos generales del proyecto. En este caso, muchos desarrolladores de proyectos o inversionistas optan por trabajar sin los permisos, arriesgando multas y mayores retrasos en la puesta en marcha del proyecto (MG Consultores, 2010).

En el caso particular de las energías marinas, aún no están claros los trámites y permisos requeridos para la concesión de uso del territorio marítimo y el borde costero, por lo que esta barrera se hace más compleja respecto a otro tipo de proyectos de ERNC. En este caso se requiere de manera urgente un estudio de interpretación de la normativa aplicable a proyectos de energías marinas, estableciendo los criterios de evaluación y los requisitos para una correcta tramitación de los permisos correspondientes.

3.3 Barreras Económicas y Financieras

Las barreras económicas y financieras se refieren a aquellas que puedan significar una demora, dificultad o impedimento para el desarrollo de proyectos de energías marinas. Estas se deben diferenciar claramente de las condiciones de mercado, las cuales deben ser cumplidas por cualquier tipo de proyecto, tales como aranceles aduaneros o tributarios.

3.3.1 Altos Costos de Inversión Inicial para Tecnologías de Energía Marina.

El insuficiente desarrollo tecnológico que muestran actualmente las tecnologías de energías marinas, implica que los costos de inversión inicial son altos en comparación con otras tecnologías que han alcanzado un mayor grado de madurez tecnológica. Considerando que se trata de equipos en etapa de prototipo, existe alta divergencia tecnológica en el caso de las tecnologías undimotrices, baja confiabilidad en tecnologías de corrientes de mareas o de océanos, así como altos costos de los equipos en general. Estas condiciones inciden en un alto factor de riesgo tecnológico para la inversión.

Al no ser tecnologías de desarrollo masivo que operen en grandes volúmenes como economía de escala, deben contar con apoyos adicionales del Estado para financiar los costos de investigación y desarrollo, así como las pruebas de los prototipos y plantas piloto de manera de avanzar hacia equipos más eficientes, durables, escalables y competitivos frente a otras tecnologías.

Esta barrera impacta directamente en la masificación de la tecnología, por lo que requiere de una definición del Estado como plan de desarrollo estratégico a largo plazo el fomento a esta industria, tal como se ha planteado en el Reino Unido, líderes mundiales en energías marinas gracias al decidido apoyo de las agencias públicas (Ecofys, 2009).

Para el desarrollo de proyectos de este tipo, se deben buscar condiciones especiales y adicionales como la situación de aislamiento de localidades insulares, o la existencia de puntos de alto potencial de energías marinas. Ambas condiciones se dan en lugares como Isla de Pascua, archipiélago Juan Fernández o islas Guaytecas.

3.3.2 Costos Elevados de Prospección del Recurso.

Otra barrera inicial al desarrollo de este tipo de proyectos son los costos de prospección, ya que la información pública que maneja el SHOA es limitada, y no existe un repositorio de acceso público sobre información de mapas, mediciones y estudios. En la mayoría de los casos los modelos de mesoescala existentes sobre olas o corrientes marinas están elaborados en base a datos limitados, o requiere de comprobaciones puntuales para validar los modelos. Estos proyectos requieren de levantar sus propios datos, lo que tiene altos costos por la adquisición de equipos y la operación de estos en el mar.

En el caso de la estimación del potencial del recurso a explotar, esta información se requiere al menos de manera referencial en las etapas preliminares del desarrollo del proyecto, en un punto en el cual es complicado conseguir financiamiento a través de la banca sin poder asegurar los resultados futuros del proyecto (Ecofys, 2009).

Esto requiere al igual que la barrera anterior, de un apoyo decidido del Estado, ya sea mediante la construcción de mapas de recursos energéticos marinos o el financiamiento de campañas de prospección de recursos. Para el año 2011 están programadas una campaña de medición del potencial de corrientes intermareales en el canal de Chacao con financiamiento FONDEF, y una campaña de medición de recurso de olas en el litoral centro sur de Chile con financiamiento CORFO. Se espera concretar la segunda parte del estudio de Garrad Hassan con apoyo del BID para los próximos años (CER, 2010).

3.3.3 Desconfianza de la Banca Privada Frente a Proyectos de Energías Marinas.

Una barrera que es común a las ERNC, pero que se manifiesta con mayor fuerza respecto a las energías marinas, es la desconfianza de la banca frente a este tipo de tecnologías, lo que se refleja al momento de solicitar créditos por parte de los inversionistas para las distintas etapas de desarrollo de un proyecto.

Según lo señalado por representantes de los principales bancos presentes en Chile, esta desconfianza se debe al desconocimiento de este tipo de proyectos por parte de los evaluadores, a la falta de experiencia en proyectos ejecutados que sirvan como referencia, el alto riesgo tecnológico al no existir pruebas de durabilidad de los equipos, y a los inciertos resultados financieros de los proyectos (CER, 2010).

Esta barrera implica que los proyectos deban presentar mayores garantías en comparación a otros ámbitos de inversión, que las tasas sean mayores, que se exijan pólizas de garantía o simplemente que no se otorguen los créditos.

En este ámbito, los instrumentos de que dispone CORFO, en especial las garantías a los préstamos y los fondos para el desarrollo de proyectos de ERNC, pueden ser una ayuda fundamental para concretar proyectos futuros de energías marinas. En el caso del desarrollo de prototipos o proyectos pilotos, las líneas de financiamiento de CONICYT pueden ser una opción concreta.

3.3.4 Desconocimiento de los Instrumentos de Apoyo del Estado.

En la actualidad CORFO posee una serie de instrumentos de apoyo a las ERNC, consistente en créditos blandos para el financiamiento de proyectos, coberturas de riesgo a los préstamos de la banca privada, o el instrumento de apoyo al desarrollo de líneas de transmisión. Estos instrumentos están disponibles junto a las líneas tradicionales de apoyo, pero en general son desconocidos por gran parte de los inversionistas (Ecofys, 2009).

Siendo una barrera crítica la falta de apoyo de parte del Estado al desarrollo de proyectos de ERNC, el desconocimiento respecto a los instrumentos existentes es doblemente grave puesto que los recursos dispuestos por el sector público no son utilizados con el costo de oportunidad asociado, y no se resuelve un problema para el cual existían las condiciones adecuadas para subsanarlo.

Esta barrera, que se manifiesta como ejemplo en el instrumento de ERNC de CORFO al cual se presentó sólo 3 proyectos en un año, nos señala que no basta con crear los instrumentos y proveerlos de recursos, también se deben crear las condiciones para que los beneficiarios se informen y puedan acceder a las ayudas disponibles.

3.3.5 Inestabilidad en los Precios de Comercialización de la Energía.

Si bien algunos consideran la inestabilidad de precios de la energía eléctrica como una condición de mercado y no como una barrera, en este caso se debe destacar que los inversionistas extranjeros señalan la falta de tarifas mínimas como una de las principales barreras para invertir en Chile (CER, 2010).

Al ser los precios de nuestro mercado eléctrico regulados por la oferta y la demanda, estos se pueden ver afectados por contingencias temporales como el alza en los precios de los combustibles o una sequía que reduzca el agua almacenada en los embalses, así como por elementos estructurales como el aumento de la participación del carbón en la matriz eléctrica.

Ante la incertidumbre de la realización de grandes proyectos como las centrales hidroeléctricas de Hidroaysen en la Patagonia, o la central termoeléctrica de Castilla en el norte chico, no se pueden asegurar tarifas a largo plazo puesto que la entrada en operación de estas centrales puede cambiar significativamente la composición de la matriz eléctrica y por ende los precios de la energía.

Esta inestabilidad de precios se transforma en una barrera en la medida en que impide proyectar ingresos por concepto de generación eléctrica a proyectos de ERNC evaluados a largo plazo, para los cuales un descenso moderado en las tarifas puede significar la inviabilidad comercial del proyecto.

3.3.6 Alto Costo de Conexión a la red Eléctrica.

Al igual que los costos de inversión en equipos, una barrera comúnmente mencionada en proyectos de ERNC en general se refiere a los altos costos para la conexión a la red eléctrica. Estos costos se muestran de manera separada a la inversión en la central de generación eléctrica, puesta que en el caso de proyectos pequeños que planeen conectarse a la red de distribución, el costo de inversión en los equipos para la conexión del proyecto es fijado por la propia empresa distribuidora.

En Chile, al existir una red analógica que carece de mecanismos de control en tiempo real para las fluctuaciones de entradas y salidas de energía en el sistema, es de alto riesgo y complejidad conectar nuevos proyectos de generación, aún cuando sean pequeños. Para asegurar la calidad del servicio no sólo del proyecto de ERNC, sino que de la red en su conjunto, se establecen una serie de requisitos técnicos y equipos de control y emergencia que deben ser costeados por el proyecto de generación eléctrica (GTZ, 2007).

Esta barrera es más evidente para los pequeños proyectos de generación, donde los costos de conexión pueden llegar a ser una parte importante del costo total del proyecto. En algunos casos las exigencias técnicas pueden ser similares para proyectos de diferente envergadura en cuanto a potencia e inversión, afectando de mayor medida al proyecto de menor potencia o menor rentabilidad.

3.3.7 Costos de los Estudios, Trámites y Permisos.

Similar al caso anterior, los costos de estudios, trámites y permisos pueden afectar de manera severa a pequeños proyectos de generación, puesto que al menos los permisos, tienen el mismo costo para proyectos de cualquier envergadura.

El gasto en trámites, estudios, informes y planos no son directamente proporcionales al tamaño del proyecto, por lo que los proyectos pequeños ven aumentado el porcentaje de costos fijos. En el estudio encargado por el Ministerio de Energía, se identifican 56 trámites de los cuales la mayoría aplican a cualquier proyecto de generación eléctrica, donde no es sólo el costo del trámite o permiso el que se debe contemplar, también hay que valorar las horas profesionales para preparar los documentos e informes requeridos, la tramitación legal, las visitas técnicas, las consultas a asesores externos, y otros costos asociados (MG Consultores, 2010).

Esta barrera no se considera una condición de mercado, puesto que existen alternativas para que las instituciones con competencia puedan establecer aranceles diferenciados para pequeños proyectos, o simplemente entregar directamente ayuda técnica y/o financiera para sufragar estos gastos.

3.4 Barreras Tecnológicas y de Capital Humano

Las barreras asociadas a la tecnología y a las capacidades locales representan aspectos que deben ser resueltos por el conjunto de los actores públicos y privados, ya que no dependen sólo del desarrollo tecnológico de los proveedores de equipos. La complejidad de este tipo de proyectos requiere un desarrollo conjunto de la industria primaria y de servicios conexos, para lo que resulta fundamental contar con las condiciones locales adecuadas.

3.4.1 Desarrollo Tecnológico Divergente y Riesgo Tecnológico Alto.

En la actualidad el desarrollo tecnológico para las energías marinas, en particular para la energía undimotriz, está centrado en el desarrollo de prototipos. Al no existir una tecnología dominante que haya alcanzado un grado de madurez suficiente para ser producida de manera masiva, los esfuerzos de la industria están orientados a generar nuevas opciones que eventualmente puedan ocupar ese lugar de privilegio.

Este desarrollo divergente resulta en que actualmente hay una gran variedad de equipos en etapa de diseño y pruebas, pero resulta difícil poder decidir por una u otra de las tecnologías ofrecidas. Al ser en su mayoría tecnologías muy recientes, no existen antecedentes concretos que permitan evaluar el comportamiento de los equipos a largo plazo. Esta barrera puede ser resuelta en la medida en que se prueben y validen equipos y procedimientos en nuestro país, lo que da sentido a la recomendación hecha por el estudio del BID sobre las energías marinas e Chile, donde se propone la construcción de un centro de pruebas de equipos de energías marinas en el canal de Chacao (Garrad Hassan, 2009).

Por otra parte, este desarrollo de múltiples opciones de equipos resulta en que ninguno de ellos ha alcanzado una madurez tecnológica definitiva. Esto significa que el riesgo tecnológico es alto, ya que no se puede asegurar la durabilidad de los componentes o la eficiencia en el proceso de convertir la energía del mar en electricidad.

3.4.2 Requerimientos Técnicos para la Conexión al Sistema Eléctrico.

La conexión de una nueva central de generación eléctrica debe ser soportada por una serie de equipos que aseguren la calidad del servicio en la red. Un nuevo proyecto debe informar tanto a la empresa distribuidora como a la SEC y al CDEC, de los equipos de maniobra contemplados, equipos de interrupción, equipos de compensación, puntos de derivación, equipos de protección, control y comunicaciones entre otros.

Al igual que la barrera relacionada a los costos de la conexión, los proyectos pequeños se ven más afectados por cuanto requieren de equipos complejos de similares características a los que deben usar centrales de mucha mayor potencia. Esto además requiere de asesorías especializadas para el dimensionamiento del sistema, la tramitación de las autorizaciones, y

la instalación de los equipos. Estos requerimientos también van aparejados a costos más altos y a la necesidad de contar con mano de obra especializada incorporada al equipo de planta (Ecofys, 2009).

3.4.3 Falta de Capacidad del Sistema Eléctrico para Transportar la Energía.

Una de las barreras principales que han encontrado los proyectos de ERNC en Chile, en especial cuando se encuentran alejados de la zona centro sur del país, es el acceso a redes de transmisión eléctrica que permitan evacuar la energía generada. Es el caso de algunos proyectos eólicos en la cuarta región y en la isla grande de Chiloé, lugares donde no existe actualmente capacidad para incorporar nuevas fuentes de electricidad. Es también el caso de un eventual proyecto de energía marina en el canal de Chacao, donde el tendido eléctrico existente en la zona no posee capacidad para soportar nuevos proyectos (CER, 2010).

El sistema de transmisión, al ser un emprendimiento privado regulado por el mercado, depende de la rentabilidad del tendido de transmisión para su construcción. No es factible financieramente una línea de transmisión de alta tensión si esta no puede ocupar su capacidad de manera permanente, por ejemplo, al soportar sólo proyectos de ERNC con bajo factor de planta. Se requiere que el peaje de la línea sea el máximo posible, durante la mayor cantidad de tiempo.

Uno de los instrumentos que han sido desarrollados en CORFO apunta precisamente al apoyo a proyectos de líneas de transmisión eléctrica, actuando como garantía frente al retraso o cancelación de los proyectos de ERNC para los cuales se construyó la línea, reduciendo así el riesgo de la inversión. Sin embargo, esta barrera requiere para ser resuelta de una mayor presencia e influencia del Estado, ya que sigue dependiendo de la voluntad de los privados de participar en un proyecto que debe ser rentable.

3.4.4 Desarrollo Insuficiente de Industria Auxiliar Local.

El desarrollo de la industria auxiliar debe ir de la mano de la industria primaria que la sustenta, pero esta se transforma en barrera en la medida de que no existan las capacidades locales para prestar los servicios requeridos, lo que lleva aparejado un aumento importante de los costos cuando estos deben ser importados.

En general los proyectos de energías marinas requieren de servicios de catastro de recursos, modelamiento de recursos, dimensionamiento de proyectos, diseño de ingeniería, servicios de mantenimiento, fabricación de partes y piezas, servicios de instalación de equipos, obras civiles, entre otras. Muchos de estos servicios son altamente requeridos en cuanto al número de horas profesionales, visitas técnicas y elaboración de informes. La diferencia de costos entre la mano de obra local y la importación de estos servicios, puede comprometer la factibilidad financiera de un proyecto de energías marinas (Ecofys, 2009).

La superación de esta barrera requiere de las condiciones adecuadas para el desarrollo de la industria local, principalmente en la planificación estratégica del sector, planificación estratégica, incentivos para el desarrollo de servicios conexos, cooperación entre los privados y las universidades, transferencia tecnológica, créditos blandos y todo tipo de instrumentos y programas de apoyo.

3.4.5 Falta de Profesionales Capacitados.

Si bien esta barrera no tiene que ver directamente con la tecnología utilizada, sobre todo cuando esta es importada, si es un factor crítico en el desarrollo de las diversas etapas de un proyecto de energías marinas. De manera similar a la barrera anterior, el no contar con capacidades locales implica tener que importarlas a un costo mucho mayor.

Esta barrera deja de manifiesto la necesidad no sólo de enviar a los profesionales de primer nivel a capacitarse fuera del país, sino de generar programas de capacitación para las distintas profesiones y oficios que intervienen en la cadena de valor del proyecto (Ecofys, 2009).

Se requiere un trabajo conjunto y coordinado entre las empresas privadas, las agencias públicas y las universidades e institutos que estén en condiciones de impartir las carreras y especializaciones requeridas para resolver las necesidades de la industria.

Se debe tomar como ejemplo las experiencias tanto locales como internacionales en las cuales la falta de capital humano ha comprometido el desarrollo de la industria. En Chile a destacar la falta de profesionales capacitados para los servicios relacionados con la exploración geotérmica, que deben ser traídos desde Argentina o Italia. O los primeros proyectos de energía eólica como Alto Baguales en Aysén, donde en los primeros años las mantenciones las hicieron profesionales españoles a un alto costo. Luego fueron reemplazados por profesionales chilenos que no estaban adecuadamente capacitados, lo que generó fallas severas y una baja importante en el rendimiento de los equipos.

En general las barreras expuestas en este capítulo son generales a la mayoría de los proyectos de ERNC en Chile, pero en el caso de las energías marinas, dado a que aún no se desarrollan proyectos de escala comercial en el país, existe la posibilidad de anticiparse y trabajar desde el sector público y privado para generar las condiciones adecuadas para el desarrollo de la industria.

4. CONCLUSIONES

La disponibilidad de recursos energéticos marinos en Chile es una oportunidad para que el país cuente con energías limpias, pero requiere mejores condiciones técnicas, económicas y normativas a las existentes en la actualidad.

El foco debe estar en la planificación a largo plazo y la anticipación de posibles barreras y cuellos de botella al desarrollo de la industria de las energías marinas, tanto desde el Estado como desde la empresa privada.

En la actualidad aún no existen proyectos de energías marinas a escala comercial en construcción u operación, lo que representa la oportunidad de trabajar de manera anticipada en generar las condiciones adecuadas.

Es función del Estado impulsar este tipo de proyectos a través de sus instrumentos disponibles, ya sean subsidios, créditos, incentivos tributarios o transferencia tecnológica, de manera de mejorar la factibilidad comercial de proyectos con energías marinas.

5. BIBLIOGRAFÍA

Asmus, P. 2009. Hydrokinetic and ocean energy. Pike Research LLT Report. Ediciones 2Q. Boulder, Colorado. 130p.

CER, 2010. Barreras al desarrollo de las ERNC en Chile. Centro de Energías Renovables. Serie documentos de trabajo. Santiago, Chile. 18p.

Denniss, T. 2010. Tapping the energy of waves and tides. Bulletin 64 Ocean energy system implementing agreements, OES IA. International Energy Agency. Lisbon, Portugal. 12p.

EMEC. 2009. Assessment of wave energy resource. The European marine energy centre Ltd. Marine renewable energy guides series. Charleston Group. Orkney, Scotland. 38p.

Ecofys. 2009. Estudio de energías renovables no convencionales en Chile. Ecofys Valgesta. Publicado por el Programa Innova Chile, CORFO. Santiago, Chile. 230p.

Garrad Hassan. 2009. Chilean marine energy resources. Garrad Hassan & Partners Ltd. Published by Interamerican Development Bank. Washington DC, United States. 69p.

GTZ. 2007. Potencial de energías renovables en Chile. Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ). Publicado Comisión Nacional de Energía. Santiago, Chile. 94p.

IEA, 2009. World Energy Report. International Energy Agency. Published by IEA Executive Committee. Lisbon, Portugal. 114p.

MG Consultores. 2010. Estudio de trámites para proyectos de energía. Consultoría encargada por el Ministerio de Energía. Informe final. Santiago, Chile. 137p.

Ministerio de Economía. 2008. Ley 20.257. Ley general de servicios eléctricos. Ministerio de Economía. Diario Oficial de la República de Chile. Santiago, Chile.

OES-IA. 2009. Ocean energy system implementing agreements. International Energy Agency. Annual Report. Published by IEA Executive Committee. Lisbon, Portugal. 114p.

UNDP. 2010. World energy assessment, energy and the challenge of sustainability. United Nations Development Program. UN Technical Reports Library. New York, USA. 262p.