

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**DETERMINACIÓN DE SITIOS CON APTITUD PARA EL DESARROLLO DE  
PROYECTOS DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ EN LA REGIÓN DE VALPARAÍSO**

**ROMINA VERÓNICA ECHAIZ ALARCÓN**

**Santiago, Chile.**

**2014**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**DETERMINACIÓN DE SITIOS CON APTITUD PARA EL DESARROLLO DE  
PROYECTOS DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ EN LA REGIÓN DE VALPARAÍSO**

**SITE ASSESMENT SUITABLE FOR WAVE ENERGY PROJECT  
DEVELOPMENT IN VALPARAÍSO REGION**

**ROMINA VERÓNICA ECHAIZ ALARCÓN**

**Santiago, Chile.**

**2014**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**DETERMINACIÓN DE SITIOS CON APTITUD PARA EL DESARROLLO DE  
PROYECTOS DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ EN LA REGIÓN DE VALPARAÍSO.**

Memoria para optar al título profesional de:  
Ingeniera en Recursos Naturales Renovables

**ROMINA VERÓNICA ECHAIZ ALARCÓN**

	<b>Calificaciones</b>
<b>Profesor Guía</b> Sr. Juan Manuel Uribe M. Ingeniero Agrónomo	<b>70</b>
<b>Profesores evaluadores</b> Sr. Gerardo Soto M. Ingeniero Forestal, M.S. Dr.	<b>64</b>
Sra. M. Verónica Díaz M. Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.	<b>55</b>
<b>Colaborador</b> Sergio Versalovic Q. Ingeniero en Recursos Naturales Renovables	

**Santiago, Chile.**

**2014**

*“Y si alguno de vosotros tiene falta de sabiduría,  
pídala a Dios, quien da a todos abundantemente y sin reproche,  
y le será dada”*

*Santiago 1:5*

## AGRADECIMIENTOS

Resulta difícil resumir en pocas palabras mis agradecimientos a todas las personas que por algún motivo, razón o circunstancia contribuyeron a que llegara este momento.

A mi amorcito precioso, que me ha sabido apoyar en cada momento desde que llegó a mi vida, que me insta a ser cada día mejor, a perseverar, a esforzarme y a seguir adelante, que me da fuerzas cuando a mi me faltan, que me recoge las veces que caigo y que siempre tiene una palabra de amor que logra sacarme una sonrisa, porque sin duda ha sido, es y será el pilar fundamental de mi vida.

A mis padres por su infinito amor. Porque siempre me apoyaron en todo lo que se me ocurrió, incluso en estudiar esta carrera que al comienzo ni yo misma sabía bien de qué se trataba, y porque gracias a sus esfuerzos y sacrificios jamás escatimaron en nada que fuera necesario para mi felicidad ni para mi formación como hija, niña, mujer, esposa y ahora además, como profesional. A mi hermana, que pareciera que es la mayor, porque siempre me ha dicho las cosas como son y me ha protegido, porque siempre que tuve miedo ella estuvo ahí y porque a pesar de las diferencias somos muy iguales.

A mis abuelos, sí, a mis cuatro abuelos, porque cada uno de ellos con sus regalones, amor y dedicación contribuyeron a que sea la mujer que soy hoy en día, porque gracias a ellos aprendí cosas importantes de la vida como la honestidad, la rectitud y la amabilidad, porque nos supieron enseñar con exigencia pero con cariño, y porque nos supieron corregir con severidad pero con infinito amor.

A mis tíos y a mis primas, por todas esas conversaciones, risas, karaokes, paseos, asados, vacaciones y cumpleaños, por las carreras en el “hipódromo”, por esa ollita con sopa de pollo, por el paseo al sur en van y por sus lindos deseos de felicidad siempre.

A mis amigos de la vida, porque cada uno de ellos que ha participado de alguna manera en situaciones importantes para mí y de seguro, lo seguirán haciendo.

Y por supuesto, a Dios.

## INDICE

<b>INDICE .....</b>	<b>1</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>4</b>
<b>ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS .....</b>	<b>5</b>
Acrónimos .....	5
<b>RESUMEN .....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
Objetivo general .....	10
Objetivos específicos .....	10
<b>ANTECEDENTES GENERALES .....</b>	<b>11</b>
Situación a Nivel Mundial .....	11
Situación en Chile .....	13
Justificación del área seleccionada .....	16
<b>MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>17</b>
Energías Marinas .....	17
Energía Undimotriz .....	19
Tipos de Tecnologías .....	20
<b>MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>22</b>
Área de Estudio .....	22
Materiales .....	23
Método .....	24
<b>ANÁLISIS DE VARIABLES .....</b>	<b>29</b>
ACCESO AL RECURSO .....	30
ACCESO FÍSICO AL LUGAR .....	30
Condiciones geomorfológicas .....	30
Uso de borde costero .....	35
POTENCIAL DEL RECURSO .....	42
Potencial de olas .....	42
INFRAESTRUCTURA DE APOYO .....	43
Distancia a centros poblados .....	43
Distancia a subestaciones .....	49
Infraestructura portuaria .....	54
Presencia de astilleros .....	57

RESTRICCIONES.....	58
Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) .....	59
Caletas y organizaciones de pescadores.....	62
Concesiones de acuicultura .....	66
Concesiones marítimas .....	67
Parques y reservas marinas .....	69
Rutas marítimas .....	71
Rutas migratorias .....	72
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>73</b>
ZONIFICACIÓN POR APTITUD .....	73
ANÁLISIS DE INFLUENCIA DE INFRAESTRUCTURA.....	76
DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS PRIORIZADAS .....	81
Quintero .....	82
Valparaíso .....	84
San Antonio .....	86
POTENCIAL DE OLAS .....	88
Sitio N°2.....	88
Sitio N°3.....	88
Sitio N°7.....	88
Discusión general .....	89
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>90</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>97</b>
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>102</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 1. Alternativas de utilización como fuente de energía.
- Cuadro 2. Tipos de dispositivos unidimotrices.
- Cuadro 3. Variables obtenidas a partir del estudio de casos internacionales.
- Cuadro 4. Clasificación de aptitud para las Áreas de Manejo y Extracción de Recursos Bentónicos.
- Cuadro 5. Criterios de compatibilidad para usos de borde costero.
- Cuadro 6. Instituciones de educación superior en la Región de Valparaíso.
- Cuadro 7. Distribución de los Sistemas Eléctricos en Chile.
- Cuadro 8. Criterios de aptitud para la distancia entre proyectos y subestaciones eléctricas.
- Cuadro 9. Clasificación de aptitud para la distancia entre proyectos y subestaciones eléctricas.
- Cuadro 10. Tipos de puertos en la Región de Valparaíso.
- Cuadro 11. Empresas relacionadas con la construcción y mantenimiento de embarcaciones en la Región de Valparaíso.
- Cuadro 12. Ejemplo de AMERB´s de la Región de Valparaíso.
- Cuadro 13. Clasificación de aptitud para las AMERB´s.
- Cuadro 14. Nómina de caletas de pescadores artesanales en la Región de Valparaíso.
- Cuadro 15. Áreas protegidas en las costas de la Región de Valparaíso.

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa mundial de energía undimotriz.
- Figura 2. Modelación global espectral de oleaje.
- Figura 3. Potencia de las olas a diferentes profundidades.
- Figura 4. Factores de planta típicos para las ERNC en Chile.
- Figura 5. Categorización de criterios para conversión de la energía de las olas.
- Figura 6. Esquema representativo del borde costero y su administración.
- Figura 7. Batimetría de 100 m para la Región de Valparaíso.
- Figura 8. Fotografías satelitales de zonas puntuales de la Región de Valparaíso.
- Figura 9. Infraestructura vial Región de Valparaíso.
- Figura 10. Usos de borde costero compatibles con proyectos de energía undimotriz.
- Figura 11. División político-administrativa de la Región de Valparaíso.
- Figura 12. Principales poblados costeros de la Región de Valparaíso.
- Figura 13. Distancia a subestaciones eléctricas en la Región de Valparaíso.
- Figura 14. Principales puertos de la Región de Valparaíso y sus áreas de influencia.
- Figura 15. Ejemplo de AMERB con límites discordantes.
- Figura 16. Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos en la Región de Valparaíso.
- Figura 17. Zonas destinadas al uso de pescadores artesanales.
- Figura 18. Zonas destinadas al tráfico marítimo.
- Figura 19. Áreas restringidas para proyectos de energía undimotriz.
- Figura 20. Áreas condicionadas para proyectos de energía undimotriz.
- Figura 21. Zonificación por aptitud para proyectos de energía undimotriz.
- Figura 24. Zonas de influencia de puertos y subestaciones eléctricas. Fuente: Elaboración propia.
- Figura 23. Zonificación por aptitud.
- Figura 24. Sitios priorizados para el desarrollo de proyectos de energía undimotriz. Fuente: Elaboración propia.
- Figura 25. Detalle de las zonas priorizadas para el desarrollo de proyectos de energía undimotriz.
- Figura 26. Análisis de sitios priorizados en Quintero.
- Figura 27. Análisis de sitios priorizados en Valparaíso.
- Figura 28. Análisis de sitios priorizados en San Antonio.

## ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

### Acrónimos

AMERB: Áreas de Manejo y Extracción de Recursos Bentónicos

AMPC: Área Marina Costera Protegida

AMPC-MU: Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos

ASMAR: Astilleros y Maestranzas de la Armada

ASPP : Área Silvestre Protegida Privada

CER: Centro de Energías Renovables

CMN: Consejo de Monumentos Nacionales

CNE : Comisión Nacional de Energía

CNE: Comisión Nacional de Energía

D.F.L: Decreto con Fuerza de Ley

D.S: Decreto Supremo

DIPRIDA: Dirección de Investigación, Programas y Desarrollo de la Armada

DIRECTEMAR: Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante

ECIM: Estación Costera de Investigaciones Marinas

EMPORCHI: Empresa Portuaria de Chile

ERD: Estrategia Regional de Desarrollo

ERNC: Energías Renovables No Convencionales

ESBA: Estudio de Situación Base

FCFM: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile

GORE: Gobierno Regional

GTZ: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional)

IEA: Internacional Energy Agency (Agencia Internacional de Energía)

INE: Instituto Nacional de Estadística

IPCC: Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

IPT: Instrumento de Planificación Territorial

LGPA: Ley General de Pesca y Acuicultura

MMA: Ministerio del Medio Ambiente

MOP: Ministerio de Obras Públicas

O&M: Obras y Mantenimiento

OES: Ocean Energy Systems (Sistemas de Energía Oceánica)

OWC: Oscillating Water Column (Columna Oscilante de Agua)

PNUBC: Política Nacional de Uso de Borde Costero del Litoral de la República

PNUMA: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente

SEIA: Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

SERNAPESCA: Servicio Nacional de Pesca

SHOA: Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada

SIC: Sistema Interconectado Central

SING: Sistema Interconectado del Norte Grande

SSFFAA: Subsecretaría para las Fuerzas Armadas

SUBPESCA: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

## RESUMEN

El presente estudio consistió en la determinación de sitios con aptitud para el desarrollo de proyectos de energía undimotriz en la Región de Valparaíso.

Debido a que en el país se ha venido sosteniendo la necesidad de incorporar energías renovables no convencionales a la matriz energética para reducir su vulnerabilidad y dependencia, las energías marinas surgen como una alternativa viable para la generación de energía debido a su gran disponibilidad (por los más de 4000km de costa expuesta al Océano Pacífico) y al gran potencial para generar energía a partir de las olas (cuyo régimen es alto y constante en comparación a otros tipos de energías).

Los principales objetivos fueron identificar variables a partir del estudio de casos internacionales, definir los criterios que se considerarían para la selección de sitios en función de cada variable y finalmente, la obtención de un mapa esquemático con los mejores sitios para la instalación de proyectos de energía undimotriz.

Las variables consideradas para el estudio se dividieron en tres categorías: acceso al recurso, infraestructura de apoyo y restricciones que pudieran limitar la instalación de los proyectos. Cada una de estas variables fue analizada en el contexto regional de Valparaíso y según su aptitud o compatibilidad con proyectos de energía undimotriz, por lo que posteriormente se construyeron cartografías con los resultados de cada una de ellas para finalmente, obtener una única cartografía con los sitios con mayor aptitud.

A partir de la distinción de áreas restringidas y áreas condicionadas, se lograron identificar sitios con aptitud para el desarrollo de proyectos de energía undimotriz. Posteriormente se consideró la cercanía a puertos y subestaciones eléctricas para definir los sitios prioritarios en la Región, con lo que se lograron identificar siete sitios prioritarios en la Región de Valparaíso, de los cuales dos se encuentran en las cercanías al puerto de Quintero, tres al puerto de Valparaíso y dos al puerto de San Antonio.

Finalmente, se concluye que del total de sitios considerados como aptos para la instalación de proyectos de energía undimotriz (siete) el sitio N°2 es el que reúne aun mejores condiciones que el resto, principalmente debido que es un sitio que tiene buen acceso al recurso, se encuentra dentro del área de influencia de la infraestructura de apoyo (puertos y subestaciones eléctricas) y no presenta restricciones de ningún tipo (salvo la condicionante del área de influencia de las caletas). Al mismo tiempo, las condiciones de potencial de olas son favorables con las tecnologías existentes para la generación de energía undimotriz.

**Palabras claves:** Energías Renovables No Convencionales, Energía Undimotriz, Selección de Sitios.

## ABSTRACT

This study attempted to identify site assessment suitable for wave energy project development in Valparaiso region.

The country has been arguing the need to incorporate non conventional renewable energies to the energy matrix to reduce its vulnerability and dependence, marine energy comes as a viable alternative for power generation due to its wide availability (by more than 4000 km of coastline exposed to the Pacific Ocean) and the great potential for generating energy from waves (whose regime is high and constant compared to other types of energy).

The main objectives were to identify variables from the study of international cases, define the criteria to be considered for the selection of sites based on each variable and finally obtaining a schematic map with the best sites for the installation of energy wave projects.

The variables considered for the study were divided into three categories: resource access, supporting infrastructure and restrictions that may limit the installation of projects. Each of these variables were analyzed in the regional context of Valparaiso and according to their ability or support to wave energy projects, so later mappings were constructed with the results of each of them to finally get a unique mapping with sites with higher aptitude.

From the distinction of restricted and conditioned areas, it was able to identify suitable sites for development of wave energy projects. After that, proximity to ports and electrical substations were considered to identify priority sites in the region of Valparaiso, which allowed to identify seven sites: two in the vicinity of the port of Quintero, three of the port of Valparaiso and two more in the vicinity of San Antonio.

Finally, the conclusion was that from the total number of sites (seven) considered as suitable for the installation of wave energy projects, site N°2 was the one that brought together the best conditions than the other sites, mainly because it is a site that has good access to resource, it is within the supporting infrastructure area of influence (ports and electrical substations) and has no restrictions of any kind (except for the conditioning of the area of influence of the creeks). At the same time, conditions of wave potential are pro with existing technologies for the generation of wave energy.

**Key Words:** Non Conventional Renewable Energies, Wave Energy, Site Assessment.

## INTRODUCCIÓN

Toda actividad desarrollada por los seres humanos tiene un cierto grado de impacto en el entorno que lo rodea. A lo largo de la historia, las primeras consecuencias de estas actividades generaban un impacto más bien a nivel local. Sin embargo luego de la revolución industrial dichos impactos han ido en aumento para afectar ya no sólo el entorno inmediato de los asentamientos humanos, sino que han logrado generar cambios que se extienden en el tiempo y el espacio y que sin duda han producido importantes cambios en el mundo, como el caso del Cambio Climático (Lobera, 2008).

Según Estenssoro (2010), visto el cambio climático desde una perspectiva antropogénica, desde la segunda mitad del siglo XX se ha podido demostrar que la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico ha aumentado crecientemente desde la Revolución Industrial y el explosivo aumento en el uso de combustibles fósiles como carbón y petróleo en primera instancia, y posteriormente gas natural. Ello ha desencadenado un problema a nivel mundial no sólo en el aspecto de la contaminación y el cambio climático en sí (debido a las grandes emisiones de CO<sub>2</sub>), sino también en lo que respecta al agotamiento de recursos naturales, entre otros efectos. La llamada civilización industrial tiene una alta dependencia hacia los combustibles fósiles como fuente generadora de energía. El mismo autor señala que desde finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX ha aumentado exponencialmente el consumo de estos combustibles. Hasta mediados del siglo pasado, el 85% de la demanda energética mundial fue cubierta por combustibles fósiles, situación que sería insostenible a lo largo del tiempo, considerando el alto nivel de consumo ejercido por la población, sumado a sus proyecciones de crecimiento. Algunos estudios señalan que el consumo de energía a nivel mundial se incrementará entre el año 2004 y el 2030 en un 57%, por tanto, se hace indispensable generar un cambio en la matriz energética a nivel mundial hacia una más limpia, en donde las principales fuentes de abastecimiento sean recursos naturales renovables que disminuyan las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y que permitan dar mayor seguridad y menos vulnerabilidad al suministro (Estenssoro, 2010).

En Chile, desde hace un tiempo se ha venido sosteniendo la necesidad de adoptar una política que fomente las Energías Renovables No Convencionales (ERNC), que tendrían la capacidad de reducir la vulnerabilidad y dependencia de la actual matriz energética en el país, que contribuirían a la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y que además, se encuentran en abundancia, sean seguras y pueden llegar a alcanzar precios competitivos (Elizalde y González, 2008).

Nuestro país cuenta con una gran cantidad de recursos naturales disponibles, los cuales pueden ser utilizados como fuente de energía. Tal es el caso de la energía biomásica (a partir de materia orgánica renovable de origen animal o vegetal), eólica (a partir de la transformación de la energía cinética contenida en el viento), geotérmica (a partir del calor contenido al interior de la tierra), hidroeléctrica (obtenida a partir de flujos superficiales de agua) y solar (proveniente del sol, recibida en la superficie de la tierra como irradiancia) (CER, 2011a).

Desde hace algunas décadas, ha aparecido una nueva fuente energética a nivel mundial: la energía proveniente de los mares, ya que éstos poseen características que los transforman en una nueva alternativa para ser utilizada como fuente de energía. Es en este contexto donde surge la presente memoria de título, con la finalidad de contribuir de alguna forma al desarrollo de las energías marinas en el país como una nueva alternativa de generación de energía constante, limpia y segura. En ésta se pretende a partir de un estudio de casos y experiencias internacionales, determinar para la Región de Valparaíso los sitios con mejor aptitud para el desarrollo de proyectos de energía undimotriz, uno de los seis tipos de energía que se puede extraer a partir de los mares. Para lograr lo anterior, se plantean los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

Determinar sitios con aptitud para el desarrollo de proyectos de Energía Undimotriz en la Región de Valparaíso.

### **Objetivos específicos**

Los objetivos específicos han sido enumerados de manera consecutiva, por tanto para el cumplimiento cualquiera de ellos, los anteriores deben haber sido cumplidos también.

1. A partir del estudio de casos (Escocia, Estados Unidos y Portugal), determinar las variables que se considerarán para la ubicación de los sitios.
2. Identificar zonas de acceso al recurso, infraestructura de apoyo presente en la Región y zonas de restricción a proyectos de este tipo.
3. Determinar criterios y ponderaciones que se considerarán para la selección de sitios aptos para la instalación de los proyectos.
4. Obtener un mapa esquemático de los sitios aptos para la instalación de proyectos undimotrices.

## ANTECEDENTES GENERALES

### Situación a Nivel Mundial

Existen varias situaciones a considerar respecto al uso de combustibles fósiles como el petróleo para la generación de energía. En primer lugar, se indica que llegará un punto en que la producción de petróleo disminuirá a tal nivel que será más costoso producir un barril de éste que la energía que se pueda obtener a partir de ello. En segundo lugar, la relación entre el crecimiento demográfico y el aumento del consumo energético resulta insostenible frente a la constante disminución en la producción de petróleo, por lo que aun cuando se generen logros en lo que respecta a la eficiencia energética, éstos no serán suficientes (Ballenilla, 2004).

Desde hace alrededor de treinta años, el precio del petróleo en el mundo ha experimentado alzas significativas en su precio, pasando desde US\$40 por barril a fines de los años setenta a US\$140 por barril a mediados de Junio de 2008, lo que implica un aumento cercano a un 350%. Frente a este escenario, resulta imperioso desarrollar nuevas alternativas que permitan reducir la dependencia energética a este tipo de combustibles (Iglesias, 2008).

No sólo la dependencia a los combustibles fósiles es preocupante a nivel mundial, sino también los efectos que éstos producen sobre el ambiente y en particular, sobre el clima y lo que ello implica. En el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático realizado en el año 2007, se indicó que las variaciones en las concentraciones de gases de efecto invernadero, principalmente compuestos por dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), sin duda alteran el equilibrio del sistema climático, fenómeno que se ha intensificado notoriamente desde mediados del siglo XVIII con la revolución industrial. Considerando sólo las emisiones anuales de  $\text{CO}_2$ , se estima que éstas aumentaron cerca de un 80% entre los años setenta y los comienzos del dos mil. Este explosivo aumento a nivel mundial se atribuye principalmente a la intensificación del uso de combustibles fósiles para diversos fines, lo que sumado a otros factores ha generado diversos efectos como el aumento de las temperaturas e intensificación de temperaturas extremas, el aumento del nivel del mar, alteraciones de pautas eólicas y prolongados períodos de sequía, entre otros (IPCC, 2007).

Como una solución a los problemas antes mencionados, de acuerdo a la Agencia Internacional de Energía (IEA), la energía contenida en los mares alrededor del mundo podría contribuir de manera significativa en aspectos como la seguridad energética mundial, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la diversificación de matrices energéticas, debido principalmente a tres características: su suministro ilimitado, a la factibilidad de predecirla y porque no genera emisiones directas de carbono al medio ambiente (IEA, 2009; Versalovic, 2011).

En la actualidad no existe un desarrollo tecnológico que predomine sobre otros, sin embargo existen diversas opciones para convertir en electricidad la energía proveniente de las olas, ello porque si se considera la localización en la que se establecerán los dispositivos y el mecanismo que se pretenda utilizar, se pueden generar una gran cantidad de combinaciones. Si bien cada proyecto es capaz de generar una buena cantidad de energía, el principio fundamental es la escalabilidad de los proyectos, es decir, la cantidad de energía que se podría generar si es que se unen múltiples unidades generadoras en un mismo proyecto (Versalovic, 2011).

Se han realizado diversas estimaciones de potencial técnicamente explotable a nivel mundial, llegando a la conclusión de que las energías marinas podrían satisfacer cerca de cuatro veces la demanda mundial de energía eléctrica, situación que sólo se ha visto impedida de realizar debido al insuficiente desarrollo tecnológico que se ha logrado generar (Versalovic, 2011).

Hace más de una década se han realizado diversos estudios y evaluaciones respecto a las energías marinas, destacando la existencia de enormes potenciales a ser desarrollados, principalmente a partir de las olas y las mareas. En la Figura 1 se puede apreciar el promedio anual en el mundo de energía undimotriz medido en kW/m, indicando con ello la energía que se distribuye en un frente de ola.

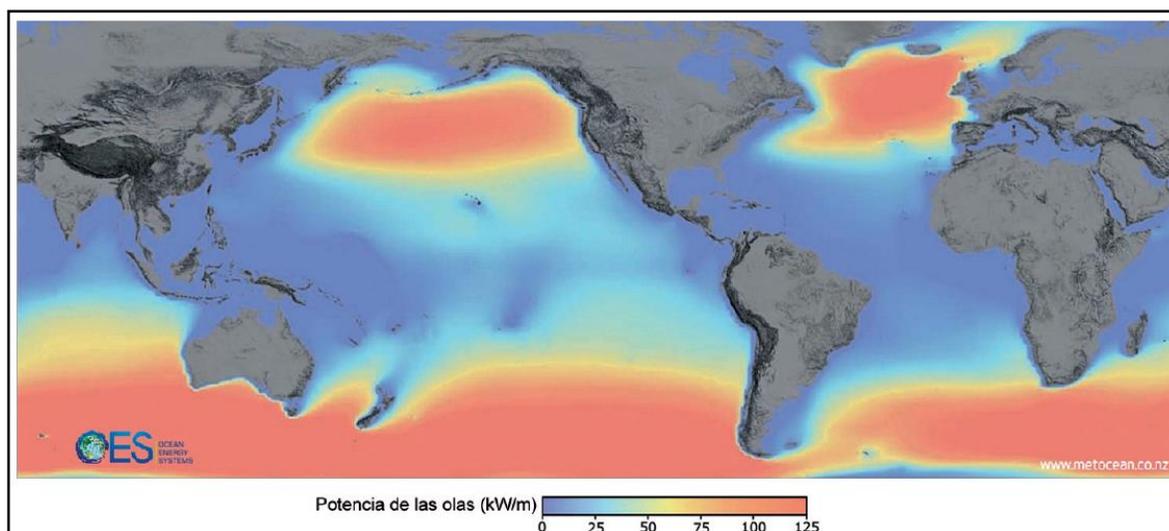


Figura 1. Mapa mundial de energía undimotriz. Fuente: Ocean Energy Systems en Errázuriz y Asociados, 2012.

A partir de este mapa se puede ver que en Chile existe un gran potencial de olas para la generación de energía undimotriz, principalmente en la zona costera comprendida entre la zona centro y sur del país (OES, 2011; Errázuriz y Asociados, 2012).

## Situación en Chile

Chile es privilegiado por diversas razones, sin embargo una de las más relevantes es que cuenta con una gran cantidad de fuentes a partir de las cuales se puede generar energía. Sin embargo, a lo largo de la historia se ha seguido la tendencia a suplir la demanda energética con combustibles como el carbón, el gas natural, la hidroelectricidad y el petróleo crudo entre otros, haciendo énfasis en que la mayoría de los hidrocarburos que se utilizan para la generación de energía provienen desde otros países (Iglesias, 2008).

Durante los últimos diez años, las condiciones para el desarrollo de las ERNC en Chile han mejorado, lo cual se ha traducido en un aumento en el interés de inversionistas nacionales y extranjeros para el desarrollo de este tipo de proyectos en el país. Lo anterior en parte por la disposición del Estado en lo que respecta a la exigencia de una cuota obligatoria en el mercado eléctrico de ERNC, la cual en la actualidad corresponde a un 5% pero que para el año 2024 se espera que sea cercana a un 10% y que eventualmente podría ser extendida a un 20% para el año 2025 según un nuevo proyecto de ley en trámite (CNE-GTZ, 2009; Versalovic, 2011).

Se puede señalar que en la actualidad, el país se constituye como un país que importa gran parte de sus recursos energéticos, situación que se ha acentuado en los últimos años principalmente debido a la dependencia hacia los combustibles fósiles, los cuales al poseer altos precios influyen en el aumento de los costos marginales asociados a la generación de energía y por tanto, al precio de la electricidad, la cual es una de las más caras de Latinoamérica. Lo anterior, sumado a eventos como sequías prolongadas, restricciones impuestas por Argentina en lo que respecta al suministro de gas natural y a una disminución paulatina de precipitaciones a lo largo de los años, hacen imperioso contar con elementos que permitan complementar una matriz eléctrica que sea principalmente económica (y competitiva), limpia (y sustentable) y por sobre todo segura (e independiente)<sup>19</sup>.

Para contribuir a lo anterior, la Ley 20.257 del año 2007 establece para el año 2024 una meta de un 10% de ERNC, buscando con ello duplicar el actual porcentaje de participación de este tipo de energías en la matriz energética. Entendiendo que Chile posee un importante potencial de recursos naturales renovables que pueden ser aprovechados para distintos tipos de generación de electricidad, es que se hace necesario establecer los mecanismos que permitan el incentivo de tecnologías cada vez más eficientes para diversificar la matriz energética, y por otra parte dar mayor seguridad al suministro, disminuir los costos y generar una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero<sup>20</sup>.

Dentro de las ERNC, las energías marinas se perfilan como una opción clara y real para nuestro país, ello ya que de acuerdo a estudios internacionales Chile cuenta con las condiciones más favorables en el mundo para el desarrollo de este tipo de energías, principalmente por el gran potencial para generar energía a partir de las olas (las cuales

---

<sup>19</sup> Comunicación personal con especialista en Energías Marinas.

<sup>20</sup> Comunicación personal con especialista en Energías Marinas.

presentan una intensidad suficiente que permite producir energía undimotriz) y los más de 4.000 km de costa expuesta al Océano Pacífico con oleajes constantes y de alta energía<sup>21</sup>.

Entre las principales ventajas se encuentra:

- El régimen de la energía undimotriz en Chile es alto y constante, y puede producir energía en horas de oscuridad, a diferencia de otras energías como la solar. Además, es posible pronosticar el momento y los niveles de energía con que las olas llegan a las costas con varios días de anticipación y con una mayor precisión que otros recursos, como por ejemplo, la velocidad del viento (Aguatera, 2014).

Existen modelaciones de regímenes de olas para las costas de América, como se puede ver en la Figura 2, y a partir de las cuales se ha determinado la ventaja de las costas chilenas sobre otras, sobre todo para el desarrollo de este tipo de energía.

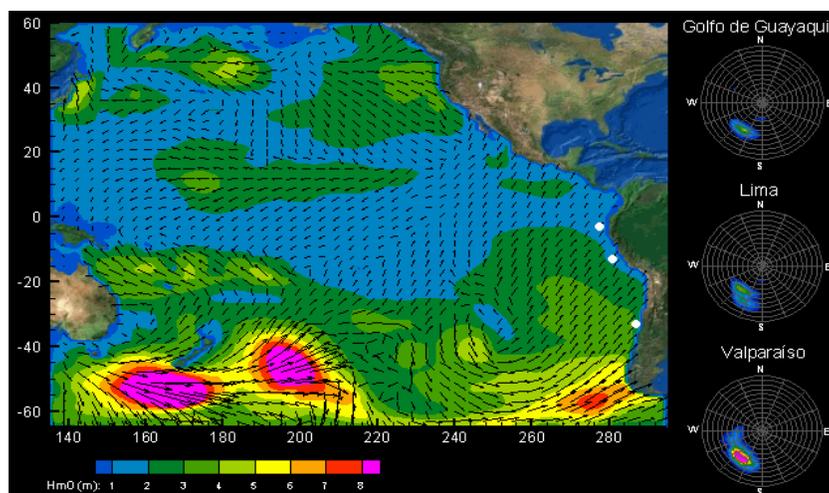


Figura 2. Modelación global espectral de oleaje. Fuente: Baird & Associates Coastal Engineers Ltd., 2003.

- Los niveles promedio de energía undimotriz a lo largo de la costa chilena, fluctúan entre los 25 kW/m en el norte hasta 110 kW/m en el sur, como se puede ver en la Figura 3, siguiendo un comportamiento exponencial que va aumentando de norte a sur, en donde los niveles de energía al sur de la Región de Los Lagos son extremadamente altos para el desarrollo de este tipo de energía y para la tecnología existente en la actualidad (Baird 2003; Errázuriz y Asociados 2012). Para dicha tecnología se considera que 5kW/m son suficientes para generar electricidad, mientras que sobre 10 kW/m se considera que los proyectos pueden aportar de manera más segura en el suministro de energía, por lo que a lo largo de toda la costa chilena existe potencial para generación de energía undimotriz. (Versalovic, 2011).

<sup>21</sup> Comunicación personal con especialista en Energías Marinas.

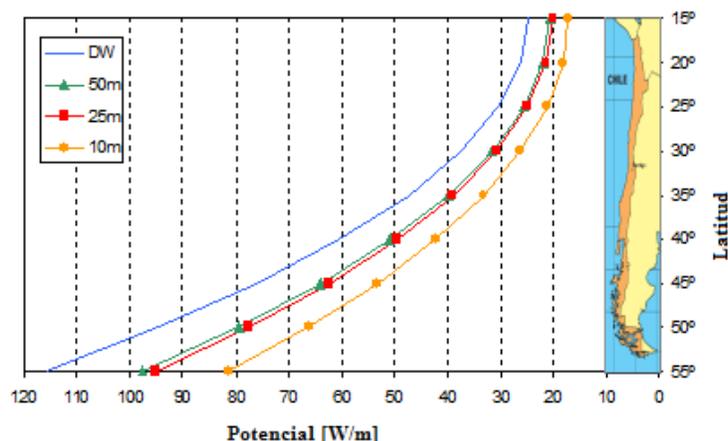


Figura 3. Potencia de las olas a diferentes profundidades. Fuente: Monárdez et al., 2008.

- El factor de planta para proyectos de energía undimotriz en Chile se encontraría entre los más altos del mundo (cerca de un 50%) como se puede apreciar en la Figura 4, a diferencia de otros tipos de energías que poseen factores de planta mucho más bajos (Aquatera, 2014).

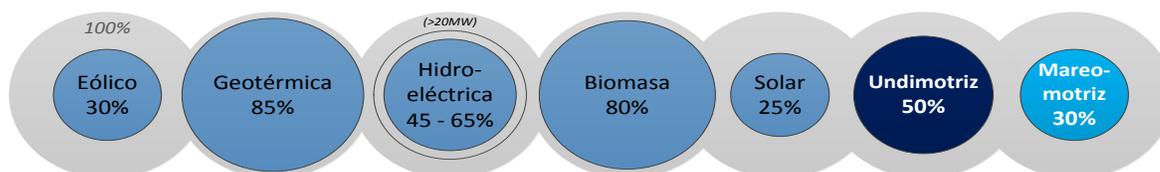


Figura 4. Factores de planta típicos para las ERNC en Chile. Fuente: Aquatera, 2014.

El Gobierno de Chile, por medio del Ministerio de Energía, ha publicado recientemente una Estrategia Nacional de Energía (2012) para el período 2012 – 2030, cuyos pilares fundamentales son el aumento de la contribución de las energías renovables no convencionales y el aumento de la eficiencia energética. También se encuentra en etapa de borrador la Estrategia para el Desarrollo de las Energías Marinas en Chile, la cual viene a contribuir al desarrollo de este tipo de energías por medio del establecimiento de un plan estratégico que permita el aprovechamiento del potencial existente en Chile por medio de la generación de capacidades técnicas y la realización de proyectos demostrativos y prototipos para el desarrollo tecnológico.

Además, hace algunos meses se publicó un estudio encargado por la Embajada Británica en Santiago. Este estudio denominado “Recomendaciones para la Estrategia de Energía Marina de Chile: un plan de acción para su desarrollo” se contemplan tal como lo dice su nombre, una serie de recomendaciones para el desarrollo de las energías marinas en el país, principalmente en los aspectos de costos, marco regulatorio, investigación, desarrollo e innovación, infraestructura y cadena de abastecimiento y financiamiento (Aquatera, 2014).

Para contribuir a la concreción de todo lo antes señalado (al momento de la redacción del presente documento), se está llevando a cabo el proceso de licitación de un Centro de Excelencia, Proyecto piloto de energía marina y centro de pruebas que permita generar conocimientos de alto nivel en el país, con la finalidad de lograr el desarrollo, integración y promoción de tecnologías de energías marinas (Barría, 2012).

### **Justificación del área seleccionada**

La Estrategia Regional de Desarrollo (ERD) de Valparaíso es un instrumento de planificación que a partir de un diagnóstico que considera tendencias, características y/o dinámicas de la región, elabora un discurso estratégico a partir de una imagen objetivo a lograr en un período de tiempo definido, en este caso 2014 - 2020, con el fin de conducir las acciones públicas y privadas en la materialización de diversas iniciativas. Entre los desafíos declarados, se encuentra la necesidad de responder a la interrogante *¿cómo hacer frente a la mayor demanda por recursos hídricos y energéticos en armonía con el medio ambiente?*. En dicha Estrategia se indica que lo anterior se debe compatibilizar con el gran desarrollo energético que ha tenido la Región principalmente a partir de centrales termoeléctricas que han generado grandes externalidades negativas en el aspecto ambiental, recordando casos emblemáticos en la provincia de Puchuncaví. Por tanto, se requiere diseñar y ejecutar proyectos de generación de energías renovables que minimicen las externalidades negativas que producen ciertos tipos de energías y además, se garantice un equilibrio adecuado entre iniciativas de generación de energía y el medio ambiente de la región (GORE Valparaíso, 2012a).

En relación a la planificación territorial, la Región de Valparaíso está consciente del desafío que significa ordenar de manera apropiada los espacios costeros bajo un enfoque de sustentabilidad - ambiental, económica, social y territorial, con el fin de generar condiciones favorables para la inversión, al sentar las bases de una estabilidad y certeza en lo que respecta al uso de estos espacios, teniendo en cuenta un escenario donde se vislumbran grandes potencialidades de desarrollo y a la vez, acorde con los intereses de la Región, sus localidades y todos los sectores involucrados, para dar espacio a la diversidad de usos que se requieren pero a la vez, mejorar las condiciones de vida de la comunidad (GORE Valparaíso, 2012a). Por tanto, la Región de Valparaíso pretende - dentro de sus lineamientos estratégicos – preservar, conservar y promover el medio ambiente y la biodiversidad, haciendo un uso sustentable de los recursos naturales.

Para ello plantea dos objetivos estratégicos fundamentales y que son coherentes con el desarrollo de esta memoria de título:

- Procurar una mejor regulación de los usos de suelo para fines industriales en los instrumentos de planificación territorial.
- Promover el uso de energías renovables no convencionales (ERNC).

Según estudios realizados principalmente en el Reino Unido (actualmente con la mayor cantidad de implementación de proyectos de energía marina a nivel mundial), los principales atributos que influyen en que una zona sea atractiva para implementar proyectos de energía undimotriz son presentar un buen recurso de olas o corrientes marinas, tener cercanía a la red de transmisión y la existencia de puertos, características que sin duda reúne la Región, las cuales han sido resumidas y presentadas por la consultora Garrad Hassan (2009).

En el informe se puede apreciar que las dos ubicaciones prioritarias fueron las localidades de Ventanas y San Antonio, las cuales cuentan con los principales aspectos que debieran ser considerados para la instalación de proyectos de energía undimotriz. Entre ellos obras y mantenimiento base (O&M) lo cual significa que hay disponibilidad de puertos. Por otra parte se indica que la distancia promedio a las subestaciones más cercanas (desde la localidad hacia alguna subestación) corresponde a 6 km para la localidad de Ventanas y a 16 km para la localidad de San Antonio.

Por otra parte, la red eléctrica más cercana a disposición para la localidad de Ventanas permite transmitir 220 kV mientras que la de San Antonio permite entre 66 y 110 kV, entendiendo que la red eléctrica es la que permite la transmisión de la energía eléctrica generada por cualquier proyecto energético. Finalmente, se estima que la producción de energía para una planta de energía undimotriz de 30 MW podría ser para ambas localidades de 54.55 GWh/año.

Además de todo lo antes expuesto, existe un marco regulatorio e institucional que permitiría el desarrollo de proyectos de energía undimotriz en la región, contribuyendo al crecimiento del sector y además, al tomar un rol participativo en el desarrollo de tecnologías de energía marina dentro de sus aguas territoriales.

## **MARCO CONCEPTUAL**

### **Energías Marinas**

A partir de las energías marinas es posible identificar seis tipos de fuentes generadoras, las cuales provienen principalmente de diversos fenómenos físicos en los océanos, aprovechables para la generación de electricidad como; la energía de olas, de mareas, de corrientes oceánicas y estuariales, y de gradientes de temperatura y salinidad (Versalovic, 2011).

En el Cuadro 1 se resume brevemente cada fuente de energía marina:

#### **Cuadro 1. Alternativas de utilización como fuente de energía.**

Fuente de Energía	Descripción
Undimotriz (de olas)	Se aprovecha el movimiento oscilatorio de las olas, pudiendo absorber su energía cinética y/o potencial, mediante la utilización de distintos tipos de dispositivos.
Mareomotriz (de mareas)	Asociada a las mareas producidas por la interacción gravitatoria entre el sol y la luna. Se aprovecha la variación del nivel del mar que genera diferencias de nivel de varios metros según la topografía de la costa.
Corrientes oceánicas	Buscan aprovechar la energía hidrocínética producida por corrientes oceánicas, por medio de dispositivos que operen a grandes profundidades y mar adentro.
Gradiente de salinidad	Utilizan la diferencia de salinidad que existe entre el agua del mar y el agua de los ríos. Puede funcionar por medio de dos principios: el retardo de la presión osmótica o electrodiálisis inversa.
Gradiente térmico	Utiliza el gradiente de temperatura entre la superficie del mar y las capas de agua más profundas, las cuales se encuentran a una menor temperatura.

**Fuente: Elaboración propia a partir de Fuentes de ERNC (CER, 2011b).**

Para efectos del desarrollo de la presente memoria de título, se ha optado por la selección de la energía undimotriz para la determinación de sitios con potencial para el desarrollo de este tipo de energía.

## Energía Undimotriz

La energía de las olas – o energía undimotriz – corresponde a un tipo de energías marinas que se extrae a partir de las variaciones de presiones de aguas superficiales bajo la superficie o que se extrae directamente desde las olas en la superficie (Errázuriz y Asociados, 2012).

En la actualidad existen variados conceptos de ingeniería a partir de los cuales se podría aprovechar la energía undimotriz. Para ello se han desarrollado diversos diseños tecnológicos categorizados principalmente en: atenuadores, absorbedores puntuales, dispositivos desbordantes, convertidores de olas oscilantes y columnas de aguas oscilantes, como se puede apreciar en el punto “Tipos de Tecnologías”, las cuales se encuentran actualmente en desarrollo e implementadas en algunos casos a nivel de prototipos (Errázuriz y Asociados, 2012).

Dentro de los criterios que pueden influir en la conversión de energía cinética de las olas se habla de criterios de localización y de mecanismos de conversión como se puede ver en la Figura 5. Como la localización de estos dispositivos puede ser en distintos lugares y a distintas profundidades, según la ubicación que éstos tengan será el mecanismo de conversión de energía que se utilice. Dentro de los mecanismos de conversión existentes se encuentran los sistemas neumáticos (que dicen relación con la utilización de aire comprimido), los sistemas hidráulicos (que dicen relación con la utilización de fluidos a altas presiones) y los sistemas mecánicos (que dicen relación con el movimiento de mecanismos a partir del ingreso del agua, los cuales mueven turbinas que son capaces de generar energía). Una de las posibles combinaciones, por ejemplo, es el caso de las columnas oscilantes de agua las cuales funcionan bajo el principio de un sistema neumático y que se encuentran fijos en los bordes costeros.

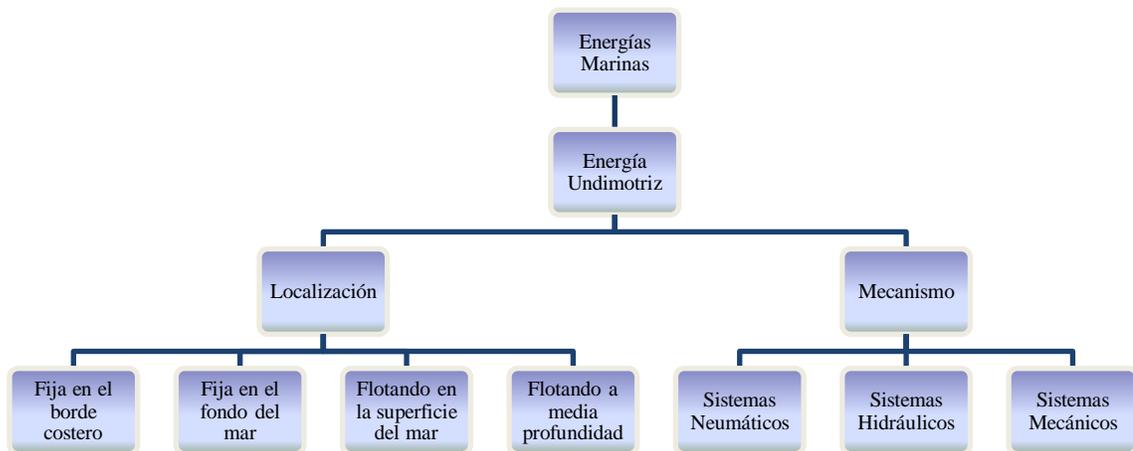


Figura 5. Categorización de criterios para conversión de la energía de las olas.

## **Tipos de Tecnologías**

Las olas contienen una gran cantidad de energía en diversas formas (cinética, potencial, efecto Arquímedes y efecto Coriolis entre otras), lo cual ha sido un elemento primordial a considerar por parte de los desarrolladores de tecnologías de este tipo (Versalovic, 2011). A grandes rasgos los tipos de tecnologías se pueden clasificar según su localización y el mecanismo que utiliza, entendiendo que el tipo de mecanismo que se utilice para la conversión de la energía dependerá en gran medida de la ubicación que tenga el dispositivo. De manera simplificada, la forma de funcionamiento de todos los dispositivos se basan en tres principios básicos a partir de un captador, un mecanismo de conversión y un generador. Generalmente, los equipos undimotrices transformarán los distintos tipos de energía disponible en energía mecánica, la cual se produce al accionar las partes móviles por el movimiento vertical u horizontal de las olas. Lo anterior, sumado al hecho de que los dispositivos se pueden ubicar fijos en el fondo del mar o en el borde costero, ó flotando a media profundidad o en la superficie del mar, es que se permite aventurar una diversidad de combinaciones posibles. Un ejemplo concreto de lo antes señalado es un dispositivo fijo en el fondo del mar, el cual se accionará por el movimiento en sentido horizontal que generen las olas en profundidad, así como un dispositivo flotante en alta mar, el cual sin duda aprovechará el movimiento en sentido vertical (Versalovic, 2011). En el Cuadro 2 se presenta un resumen con los distintos tipos de dispositivos undimotrices desarrollados a la fecha.

**Cuadro 2. Tipos de dispositivos undimotrices.**

Familias Tecnológicas	Ejemplos de Diseño	Características principales	País de origen
Atenuador		Largas estructuras que flotan en la dirección de las olas, las cuales son absorbidas.	Desarrollado y probado en el Reino Unido, probado también en Portugal.
Desbordamiento		Su sistema se basa en las oleadas, la que son éstas las que se desplazan hacia un reservorio de almacenamiento más elevado, el cual crea una diferencia de alturas que genera una caída a través de turbinas.	Desarrollado y probado en Dinamarca.
Columna de agua oscilante (OWC)		Un recolector parcialmente sumergido; abierto hacia el mar bajo la superficie del agua y que contiene aire retenido sobre una columna de agua, la cual se mueve en sentido vertical con el movimiento de las olas actuando como pistón, generando un efecto de compresión y descompresión del aire, el cual es conducido a una turbina que utiliza este flujo para la generación de energía	Desarrollado y probado en el Reino Unido.

(continúa)

Familias Tecnológicas	Ejemplos de Diseño	Características principales	País de origen
Absorbedor Puntual		Estructura flotante que absorbe energía proveniente de todas las direcciones de la acción de las olas, el cual puede ser diseñado para resonar con períodos de oleaje natural que maximicen la energía que puede captar.	Desarrollado en Estados Unidos, y próximamente será probado en el Reino Unido y Escocia.
Convertidores de olas oscilantes (OWSC)		Extraen energía del movimiento compensador de las olas en profundidad, las cuales dan origen a un movimiento pendular que se convierte en energía útil.	Desarrollado y probado en el Reino Unido.

**Fuente: Elaboración propia a partir de Errázuriz y Asociados, 2012.**

## MATERIALES Y METODOS

### Área de Estudio

La Región de Valparaíso se encuentra en la zona central de Chile, situándose entre los 32°02' y 33°57' latitud sur y desde los 70° longitud oeste, hasta el océano Pacífico, comprendiendo además el archipiélago de Juan Fernández, y las islas de Pascua, San Félix y San Ambrosio, las cuales para efectos de esta memoria de título, no serán consideradas dentro del área de estudio (GORE Valparaíso, 2012a). El área de estudio comprende dos componentes del territorio de la Región de Valparaíso, por una parte el terrestre y por otra, el marítimo, las cuales se pueden ver en la Figura 6.

Para el caso de la componente del territorio terrestre, se consideraron los terrenos llamados “Playa de Mar”, que son los ubicados entre la línea de más baja marea (bajamar) y la línea de más alta marea (pleamar) la cual define la “Línea de la Playa”. Sin embargo, para los casos donde el borde costero se encuentre frente a predios fiscales, se deberán considerar además 80m a partir de la línea de playa, los cuales son denominados “Terrenos de Playa”, y son zonas que corresponden a Bienes Fiscales.

Dentro de la Región, las comunas que tienen acceso directo al mar, que se encuentran en el frente litoral y que cumplen con las condiciones antes señaladas son quince: La Ligua, Papudo, Zapallar, Puchuncaví, Quintero, Concón, Viña del Mar, Valparaíso, Casablanca, Algarrobo, El Quisco, El Tabo, Cartagena, San Antonio y Santo Domingo.

Para el caso de la componente del territorio marítimo, se consideran aquellas áreas que se señalan en la Ley Orgánica de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (2012). Es decir, y de acuerdo a la realidad regional, el mar desde la línea de costa chilena hasta doce millas mar adentro o bien, cuatro leguas marinas medidas desde la línea de marea más baja, incluyendo dentro de ello playas, roqueríos y en general, toda obra marítima o construcción internada en aguas marítimas (DFL N°292/1953).

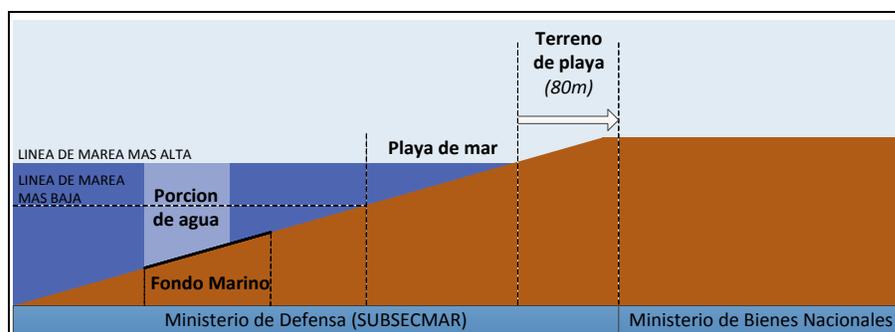


Figura 6. Esquema representativo del borde costero y su administración. Fuente: Aquatera 2014.

### Materiales

Los materiales utilizados para la elaboración de la presente memoria de título fueron los que se listan a continuación:

- Cartografía digital del área de estudio en formato vectorial:
  - Límites político-administrativos de la Región de Valparaíso<sup>22</sup> (1:50.000)
  - Límites político-administrativos de las comunas de la Región de Valparaíso<sup>23</sup> (1:50.000)
  - Macrozonificación del Borde Costero de la Región de Valparaíso<sup>24</sup> (1:50.000)

<sup>22</sup> Cartografía aportada por el Centro de Energías Renovables (CER), 2012.

<sup>23</sup> Cartografía aportada por el Centro de Energías Renovables (CER), 2012.

<sup>24</sup> Cartografía aportada por el Gobierno Regional de Valparaíso (GORE VALPARAÍSO), 2013.

- Nombres geográficos, lugares de Chile<sup>25</sup> (1:250.000)
  - Batimetría de las costas de Chile<sup>26</sup> (1:50.000)
  - Caletas de pescadores artesanales de la Región de Valparaíso<sup>27</sup> (1:50.000)
  - Infraestructura eléctrica de la Región de Valparaíso (subestaciones eléctricas y líneas de transmisión eléctrica de 0 a 66KV, de 67 a 110KV y de 111 a 200KV)<sup>28</sup> (1:50.000)
  - Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos en la Región de Valparaíso<sup>29</sup> (1:50.000)
  - Infraestructura vial de la región<sup>30</sup> (1:50.000)
- Imágenes digitales descargadas desde Google Earth (.kml):
    - Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos
    - Caletas de pescadores artesanales.
  - Modelaciones:
    - Modelo Global Espectral de Oleaje (Baird & Associates Coastal Engineers Ltd., 2003).
    - Modelo WW3 (Wave Watch III) para simulación del recurso undimotriz (DGF, 2013).
    - Mapa Mundial de Energía Undimotriz (OES, 2011).

## Método

En primer lugar se procedió a efectuar una revisión bibliográfica sobre los antecedentes disponibles con el fin de estudiar casos internacionales específicamente en Estados Unidos, Portugal y el Reino Unido, todos miembros de la OEA (Ocean Energy Systems) y que por tanto han implementado acuerdos respecto a sistemas de energías del océano por medio de la IEA (International Energy Agency) es decir, la Agencia Internacional de Energía. En todos estos lugares, las energías marinas han tenido un gran desarrollo durante la última década, desde iniciativas políticas, facilidades para el testeo de prototipos e instalación de éstos en algunas zonas.

Los países sobre los cuales se realizó el estudio de caso fueron Estados Unidos, Portugal y el Reino Unido. Dichos países fueron seleccionados para ello, ya que sus gobiernos han implementado mecanismos de apoyo en distintos ámbitos a proyectos de energía marina y una serie de políticas de incentivos (Errázuriz y Asociados, 2012).

<sup>25</sup> Cartografía obtenida de la Biblioteca del Congreso Nacional (BCN), 2014.

<sup>26</sup> Cartografía aportada por empresa AQUATERA, 2014.

<sup>27</sup> Cartografía aportada por el Gobierno Regional de Valparaíso (GORE VALPARAÍSO), 2013.

<sup>28</sup> Cartografía aportada por el Centro de Energías Renovables (CER), 2012.

<sup>29</sup> Cartografía aportada por Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), 2013.

<sup>30</sup> Cartografía obtenida de la Biblioteca del Congreso Nacional (BCN), 2014.

En base a dicha revisión, se definieron tres categorías a partir de las cuales se precisaron las respectivas variables de interés que deben ser consideradas para la instalación de proyectos de energía undimotriz. Entre dichas categorías (Cuadro 3) se indican:

- Acceso al recurso: entendido por una parte como el acceso físico al recurso a partir de alguna vía al lugar en función de las condiciones geomorfológicas y el uso del borde costero, y por otra parte el potencial del recurso energético a partir del potencial de olas y los vientos en la zona.
- Infraestructura de apoyo: entendida como todo aquel equipamiento presente en la zona que pueda contribuir de alguna manera con el desarrollo de proyectos undimotrices. Dentro de esta categoría también se considera la existencia de servicios generales y/o especializados.
- Restricciones: entendidas como aquellos usos del territorio en los cuales no se pueden establecer otros usos que no sean los definidos como tales, salvo en casos puntuales donde se pueden establecer usos compatibles siempre y cuando el proyecto presente algún tipo de vinculación con la actividad para la cual fue aprobado el permiso y/o concesión.

**Cuadro 3. Variables obtenidas a partir del estudio de casos internacionales.**

Casos Internacionales	Categoría	Variables
Análisis de casos internacionales (Estados Unidos, Portugal y Reino Unido)	Acceso al Recurso	Condiciones Geomorfológicas Uso de Borde Costero Potencial de Olas
	Infraestructura de apoyo	Distancia a Centros Poblados Distancia a Subestaciones Infraestructura Portuaria Presencia de Astilleros
	Restricciones	Áreas de Manejo Caletas y Organizaciones de Pescadores Concesiones de Acuicultura Concesiones Marítimas Parques y Reservas Marinas Rutas Marítimas Rutas Migratorias

A partir de lo anterior, se estableció una serie de categorías de selección para cada variable para determinar los sitios con mayor aptitud. Muchos de los criterios seleccionados provienen de la consulta a profesionales expertos en temas de energías marinas, algunos de ellos de desempeño en servicios públicos como el Centro de Energías Renovables (CER), Ministerio de Energía y otros de desempeño en empresas privadas como la empresa escocesa Aquatera.

Dichas categorías o criterios fueron:

**1. Condiciones Geomorfológicas:** El principal criterio consistió en el análisis del relieve del fondo marino o batimetría, así como de la accesibilidad a la costa. Para ello, se estableció que si la batimetría es igual o inferior a 100 m de profundidad, éstos constituyen sitios aptos para el desarrollo de proyectos de energía undimotriz, lo anterior debido a que mayores profundidades hacen que los proyectos sean inviables tanto en el aspecto económico como en lo concerniente a la instalación y mantenimiento de éstos. Además, aquellos sitios que contaran con una mayor accesibilidad a la costa, serían considerados con una mayor aptitud.

**2. Uso de Borde Costero:** El principal criterio fue realizar una comparación entre las características de cada área que fue definida durante la zonificación del borde costero y las actividades que en cada una de ellas son permitidas. En base a lo anterior, se determinó que las zonas que serían compatibles con proyectos de energía undimotriz serían las zonas de asentamientos humanos, pesca artesanal, de turismo y recreación, industriales, portuarias y las zonas reservadas para el Estado.

**3. Potencial de Olas:** El principal criterio que se aplicó para tiene que ver más bien con un análisis regional del potencial de olas, el cual según el estudio de Baird (2003) arrojó un promedio de entre 25 y 35 kW/m de frente de ola. Además del hecho de que la dirección de las olas tiende a ser relativamente constante a lo largo de todo el año.

**5. Distancia a Centros Poblados:** El principal criterio que se aplicó para la selección de sitios tiene que ver con que existan centros poblados capaces de prestar los servicios necesarios al desarrollo de proyectos de energía undimotriz, por lo que si existen sitios en el mar o la costa donde no existan centros poblados cerca y otros donde si los haya, se priorizarán aquellos en los que existan.

**6. Distancia a Subestaciones Eléctricas:** El principal criterio fue la distancia máxima a la que se puede ubicar una subestación eléctrica a la cual se podría conectar el suministro de energía aportado por proyectos undimotrices, entendiéndose que una subestación eléctrica que se encuentra a más de 50 km del proyecto hace que los costos económicos sean extremadamente elevados, lo cual disminuiría la viabilidad de éstos. Por ello, las subestaciones que se encuentran a menos de 10 km de distancia de la costa son los sitios con mayor aptitud, aquellos que se encuentren entre 10 y 50 km son medianamente aptos y los que se encuentren a más de 50 km son definitivamente no aptos.

**7. Infraestructura Portuaria:** El principal criterio fue, que la existencia de infraestructura portuaria constituye una mayor aptitud para el desarrollo de proyectos undimotrices debido a que son éstos quienes reciben las embarcaciones que pueden traer los dispositivos desde el extranjero o bien a partir de donde podrían salir embarcaciones que lleven uno u otro material para ellos. Además son los puertos desde donde se llevarán los dispositivos hacia su lugar de fondeo. Es decir, el hecho de que cerca de donde se van a instalar los proyectos exista la infraestructura portuaria apropiada, influye en la disminución de los costos económicos y de energía del traslado de distintos componentes, por tanto, los sitios cercanos a infraestructura portuaria son mucho más aptos que aquellos que se encuentren más distantes.

**8. Presencia de Astilleros:** El principal criterio fue que la presencia de astilleros cerca de los sitios donde se pretende instalar proyectos undimotrices facilitaría la mantención y reparación de la infraestructura gruesa de los dispositivos undimotrices. Lo anterior visto desde una perspectiva a mediano y largo plazo, podría ser una oportunidad para generar en dichos lugares la obra gruesa de los dispositivos y por tanto, permitiría aumentar la independencia con respecto a actores internacionales. Por lo tanto, la presencia de astilleros cercanos a los proyectos de energía undimotrices hacen que dichos sitios se constituyan en más aptos que otros que podrían estar más distantes.

**9. Áreas de Manejo y Extracción de Recursos Bentónicos (AMERB):** El principal criterio fue que su existencia inmediatamente constituye una restricción para la instalación de proyectos de energía undimotriz, por lo que todos los sitios en los cuales no existan AMERB son aptos para los proyectos. Lo anterior debido a que son espacios asignados exclusivamente a la explotación sobre recursos bentónicos y algas, y pueden ser desarrollados sólo por organizaciones de pescadores artesanales para mantener la sustentabilidad en el sector. Por tanto, no son compatibles con la instalación de proyectos.

**10. Caletas y Organizaciones de Pescadores Artesanales:** El principal criterio fue definir un área en la que no se intervenga sobre los espacios utilizados directamente por los pescadores artesanales. Por ello, se determinó un radio de 2 km alrededor de cada caleta (pensando en los pescadores y los recolectores de orilla) en los cuales no se instalarían proyectos de energía undimotriz. Si bien no existen restricciones técnicas ni administrativas que impidan dicha instalación, se espera lograr una participación activa de los pescadores en los proyectos de energía undimotriz para evitar de esta manera cualquier tipo de conflicto de intereses con la ciudadanía. Por ello, se considera que los sitios más aptos para la instalación de proyectos undimotrices serán todos aquellos que no queden dentro del área de influencia definida para cada caleta.

**11. Concesiones de Acuicultura:** El principal criterio consistió en la existencia de concesiones de acuicultura, ya que la sola existencia de estas concesiones impediría que el mismo sitio pueda ser utilizado para proyectos de energía undimotriz. Por ello, la existencia de estas concesiones constituye una restricción inmediata para los proyectos (al igual que con el caso de las AMERB). Sin embargo, en la Región de Valparaíso no existen en la actualidad concesiones de acuiculturas otorgadas, por lo que en este caso, esta variable no influye en la selección de sitios para la instalación de los proyectos.

**12. Concesiones Marítimas:** El principal criterio consistió en la existencia de concesiones marítimas, ya que si bien son otorgadas para un uso particular, pueden ser otorgadas en terrenos de playa, playa de mar, porción de agua o fondo marino, por lo que al ser de uso restrictivo, su existencia implica que son terrenos que no se podrían utilizar para proyectos de energía undimotriz, salvo en los casos de destinaciones, que son otorgadas a servicios fiscales. Por ello, las concesiones y permisos ya otorgados son restricciones para la instalación de proyectos undimotrices, mientras que los lugares disponibles serán aptos por el hecho de no estar concesionados a alguna actividad en particular.

**13. Parques y Reservas Marinas:** El principal criterio consistió en que la existencia de cualquiera de estos constituye una restricción inmediata a la instalación de proyectos undimotrices, ello porque son áreas bajo protección oficial por parte del Estado y se encuentran destinadas sólo a la conservación de especies hidrobiológicas, por tanto, no son compatibles con la instalación de estos proyectos.

**14. Rutas Marítimas:** El principal criterio consistió en la existencia de algún tipo de ruta marítima definida por las autoridades competentes en la materia. Dada su condición de restricción a nivel mundial (ya que no se pueden utilizar de manera permanente y deben estar la mayor parte del tiempo expeditas para el paso de embarcaciones), los sitios en donde existan estos tipos de rutas establecidas quedan inmediatamente excluidos de la selección, por lo que los sitios donde no haya presencia de estas rutas son compatibles con los proyectos de energía undimotriz, mientras que los sitios en los que existan estas rutas son totalmente incompatibles con ellos.

**15. Rutas Migratorias:** El principal criterio consistió en la existencia de alguna ruta migratoria de grandes mamíferos marinos en alguno de los sitios donde se puedan instalar proyectos undimotrices. Sin embargo, dado que no existen antecedentes suficientes para establecer rutas precisas y definidas de estos mamíferos, esta variable sólo ha sido considerada como algo a tener en cuenta en un tiempo más en donde los estudios puedan ser suficientemente robustos, concluyentes y precisos respecto a rutas exactas por las cuales estos animales se trasladen a lo largo de las costas del país. En caso de que esto ocurra, serían sitios excluyentes para los proyectos undimotrices, dada la gran cantidad de acuerdos internacionales firmados por el país donde se genera un compromiso para el cuidado y protección de los grandes mamíferos marinos.

## ANÁLISIS DE VARIABLES

Según la reciente publicación de Aquatera (2014) existen algunas consideraciones básicas que se debieran analizar respecto a los sitios donde se pretende lograr la instalación de proyectos de energía undimotriz, así como los costos en los que se incurriría para obtener este tipo de energía, dependiendo de las características que posean dichos lugares.

En dicha publicación se indica que se deben tener algunas consideraciones relativas al costo de la energía para el caso de la energía undimotriz (ver Anexo 1). En la medida que aumenta la distancia desde la costa y la profundidad, los costos de la energía van aumentando. Lo anterior debido a que si bien el promedio de energía undimotriz no varía en función de la distancia a la costa, los costos de anclaje, de transporte y de red eléctrica si aumentan en la medida que aumenta la distancia de la costa, ya que mientras más lejos se esté de la costa mayor es la profundidad del sitio y la distancia a recorrer, lo cual influye en un aumento de los costos por concepto de instalación, mantención y traslado de los dispositivos. Por tanto, los costos asociados a estos proyectos serán más bajos en la medida que dichos proyectos se encuentren a una menor distancia desde la costa y a la vez, a una menor profundidad.

Junto con lo anterior, y para seleccionar sitios minimizando los costos de la energía, se habla de distintos niveles de cuantificación de recursos que deben ser considerados, partiendo con un abanico de posibilidades mayor debido a la alta disponibilidad del recurso en sí y que posteriormente va disminuyendo en la medida que se van considerando otros aspectos. Estos niveles de cuantificación se traducen en cinco:

- **Recurso energético total:** es toda la energía que existe en un sistema de oleaje, incluyendo ambos tipos de energías (cinética y potencial).
- **Recurso teórico:** es la máxima cantidad de energía que en teoría se podría captar a partir del oleaje. En otras palabras, es la energía total que podría ser extraída, sin considerar la tecnología disponible ni los factores económicos.
- **Recurso técnico:** es la energía que podría ser captada a partir del oleaje considerando las tecnologías existentes y los factores económicos, por tanto, se podría decir que son una parte de los recursos teóricos.
- **Recurso práctico:** son los recursos técnicos aceptables para la opinión pública y que se puede ver afectada por otros factores como por ejemplo, las actividades de pesca.
- **Recurso económico:** varía para cada tecnología a lo largo del tiempo, y que depende de variables como los costos de transmisión y de conexión a la red, entre otros.

A partir del análisis antes descrito, se propone el siguiente pool de variables para contribuir a la determinación de sitios con aptitud para la instalación de proyectos de energía undimotriz, teniendo como premisa los antecedentes ya descritos. Estas variables han sido

agrupadas en tres aspectos principales: acceso al recurso (tanto el acceso físico al lugar como el potencial en sí), infraestructura de apoyo a los proyectos y restricciones que pudieran limitar la instalación de éstos.

### **Acceso al recurso**

El acceso al recurso será tratado a partir de dos grandes grupos de variables, las cuales por una parte indican relación con un acceso al lugar físico en estudio. Para ello se analizarán variables como la geomorfología de la costa, principalmente en lo que respecta a la batimetría de la costa, y en lo que respecta a los usos definidos para el borde costero y cómo éstos se pueden relacionar con proyectos de energía undimotriz. Por otra parte, se habla del potencial en sí del recurso, para lo cual se analizará lo que tiene que ver con el potencial de olas disponible en la zona a partir de estimaciones y modelaciones ya existentes, así como del viento como un agente undígeno, es decir, como generador de olas.

### **Acceso físico al lugar**

Consiste en la posibilidad de acceder al espacio físico donde se encuentra el recurso en sí. Por ello, se han considerado dentro de éste punto las variables “condiciones geomorfológicas” y “uso de borde costero”. La primera por el hecho de que existen ciertas condiciones que podrían limitar el acceso al recurso en términos más bien de la geografía del lugar, tanto en la costa como en la profundidad del mar. Por otra parte, el uso del borde costero alude principalmente a las limitantes técnicas y administrativas que existen para poder utilizar ciertas áreas dentro usos definidos por una macrozonificación, dentro de los cuales existen ciertos usos con mayor compatibilidad que otros.

### **Condiciones geomorfológicas**

Las condiciones geomorfológicas fueron abordadas a partir de dos aspectos: en primer lugar en lo que respecta a la batimetría y en segundo lugar en lo que respecta al acceso a la costa.

En lo que respecta a batimetría, ésta es la medición de las profundidades. En el campo de topografía, la batimetría es considerada como “*el levantamiento del relieve de superficies sub-acuáticas, tanto los levantamientos del fondo del mar, como del fondo de cursos de agua, de embalses, etc.*” (Farjas, 2000). Por ello, la finalidad de la batimetría es obtener las coordenadas exactas de todos los puntos de la costa y el relieve submarino, destacando principalmente el aspecto de la profundidad, entendida como la distancia vertical entre la

superficie del fondo y el nivel del agua, para poder identificar los puntos de fondeo (Farjas, 2000).

Cuando las profundidades superan los 100 m generalmente los costos tienden a aumentar debido a que los costos de anclaje, de red eléctrica y de transporte son mayores. Por tanto, se considerarán con una mayor aptitud aquellos sitios que tengan una batimetría máxima de 100 m de profundidad, descartando aquellos que superen dicha medida. En la Figura 7 se presenta la cartografía con la batimetría de 100 m para la Región de Valparaíso.

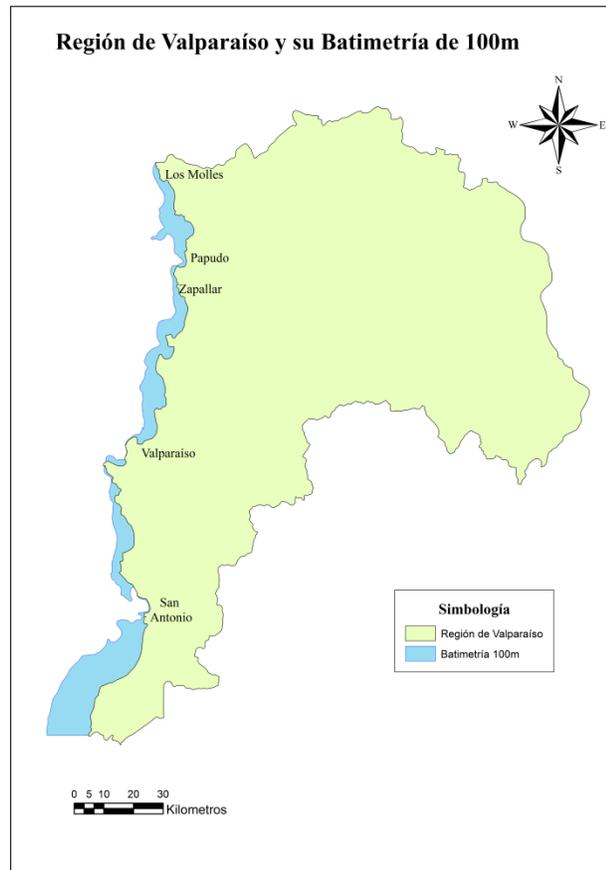


Figura 7. Batimetría de 100 m para la Región de Valparaíso. Fuente: Aquatera, 2014.

A partir de la imagen anterior se puede observar que los sectores donde hay más distancia entre la línea de costa y la línea de batimetría de 100m son:

- Desde el puerto de San Antonio hacia el sur de la Región.
- Desde el puerto de Valparaíso hacia Zapallar.
- Desde Papudo hacia los Molles.

Por tanto, los sectores antes mencionados son los que tendrían una mayor aptitud en según el criterio de batimetría. Por otra parte, la batimetría incide de manera directa en la instalación de los equipos de tecnologías para energía undimotriz desde la perspectiva de los fondeos u obras civiles necesarias para la instalación de estos aparatos en el mar. En los casos en los que se encuentren fondos con pendientes pronunciadas, un aspecto positivo es que cerca de la costa existe la profundidad adecuada para proyectos de este tipo de energía debido a que la necesidad de cableado submarino es mucho menor. Además, en los casos donde exista alta pendiente, las operaciones marinas se hacen más complejas en cuanto a los costos asociados y a las tecnologías necesarias para ello, por lo que sería necesario el diseño de nuevos tipos de cimientos así como de sistemas de sujeción.

Respecto al acceso al borde costero, en la Región de Valparaíso se ubican las planicies litorales entre el Océano Pacífico y la Cordillera de la Costa, y se van haciendo más amplias a partir de la desembocadura del Río Aconcagua en dirección al sur. Su ancho es variable, ya que se pueden encontrar planicies litorales de 100 m mientras que las hay también de 15 km, presentando algunos sectores con colinas o cerros, denominados farellones costeros, como es el caso de la ciudad de Valparaíso, la cual se encuentra asentada principalmente sobre cerros. Estas planicies litorales pueden desembocar al mar de manera gradual o bien de manera abrupta, como es el caso de la superficie entre las ciudades de Horcón y Papudo en la provincia de Puchuncaví (GORE Valparaíso, 2014). Esta misma condición de quebradas y farellones incide en que exista una menor conectividad entre muchos asentamientos humanos y a la vez, éstos con el borde costero de la región, ya que son pocos los caminos establecidos que pueden llegar hasta él, salvo el caso de algunas autopistas y caminos interurbanos (Figura 8).

La zona sur-poniente de la región no tiene conectividad por el sector costero con la ciudad de San Antonio, ya que los caminos existentes tienen conectividad con el interior de la región. Esto es explicado básicamente por la existencia de farellones costeros y acantilados que dificultan la accesibilidad a la costa y que por ende, harían más costosa y compleja la construcción de caminos (representados en color amarillo en las imágenes).

Otro caso similar se da entre el norte de las ciudades de Algarrobo y Valparaíso, ya que se puede apreciar que presenta condiciones geomorfológicas similares a las antes descritas, por tanto, los caminos que unen ambos asentamientos son por el interior de la región, y en algunos casos, existen algunos caminos interiores que permiten un cierto grado de accesibilidad hacia el borde costero pero en zonas puntuales.

Similar situación se da entre las ciudades de Horcón y Papudo, en donde se puede apreciar la existencia de abruptas caídas hacia el borde costero, existiendo una gran cantidad de acantilados y farellones costeros.



Figura 8. Fotografías satelitales de zonas puntuales de la Región de Valparaíso. Fuente: Google Earth, 2014.

Basado en el criterio antes descrito se presenta la siguiente cartografía con la infraestructura vial (Figura 9) existente en la región, en donde se pueden apreciar amplias extensiones de territorio que no presentan un acceso directo al borde costero, las cuales son coincidentes con las imágenes presentadas en la Figura 8.

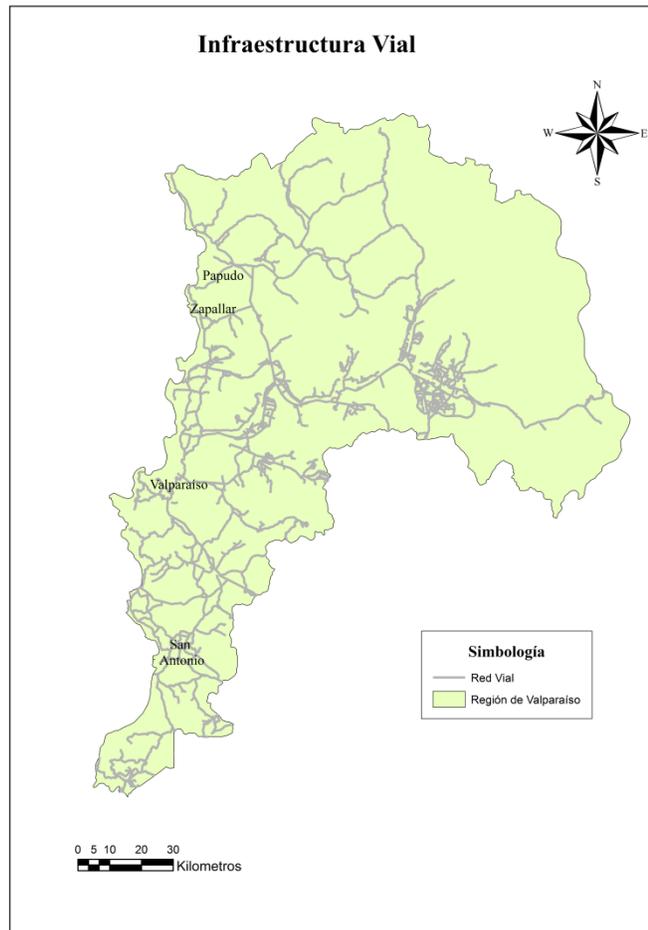


Figura 9. Infraestructura vial Región de Valparaíso. Fuente: Mapas vectoriales, Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2010.

Por tanto se puede establecer que tendrán mayor aptitud aquellas zonas que contengan la presencia de caminos que permitan el acceso al borde costero, confiriéndole de esta manera una mayor accesibilidad. Lo anterior debido a que considerando que los puertos son el punto de acceso de los dispositivos que llegan a la región, sería mucho más favorable contar con caminos adecuados para el transporte terrestre de estos con la finalidad de disminuir los costos, ya que el transporte en embarcaciones requiere de más tiempo, y por ende, mayores recursos.

### Uso de borde costero

Históricamente las costas han ejercido una importante atracción sobre las personas por el hecho de que constituye el lugar de vida de gran parte de la población del país, así como en estos lugares se desarrollan variadas actividades humanas asociadas a ello. La zona costera es una zona donde se produce la interacción entre el mar, la tierra y la atmósfera, lo que genera un espacio donde ocurren procesos dinámicos que le otorgan características de una cierta fragilidad ambiental. Así mismo, constituye uno de los espacios geográficos con mayor atractivo para el ser humano, puesto que en ella confluyen una cantidad variada de actividades, las cuales generan una alta presión antrópica que aumenta a diario y que requiere por tanto de la intervención de las autoridades pertinentes con el fin de atender a las necesidades de manejo de este espacio y con ello, conferirle el cuidado necesario para disminuir su deterioro progresivo (Arenas y Cáceres, 2001).

De acuerdo a la Política Nacional de Uso de Borde Costero (1994) se define borde costero como la “franja del territorio que comprende los terrenos de playa fiscales situados en el litoral, la playa, las bahías, golfos, estrechos y canales interiores, y el mar territorial de la República, que se encuentran sujetos al control, fiscalización y supervigilancia del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina” (D.S.N°475/1994).

Por ello se entiende que el Estado debe propender a un uso adecuado del borde costero del litoral. Para esto, se debe definir cuál es el mejor uso de éste, con el fin de procurar un aprovechamiento apropiado de los recursos.

De acuerdo a lo estipulado en la PNUBC, uno de los objetivos generales corresponde a “*propender a una adecuada compatibilización de las múltiples actividades que se realizan o pueden realizarse en el borde costero*”, así como “*posibilitar y orientar el desarrollo equilibrado de las diferentes actividades, desde una perspectiva nacional, acorde con los intereses regionales, locales y sectoriales*” (Ministerio de Defensa Nacional, D.S.N°475).

Para dar cumplimiento a los objetivos definidos, se creó la Comisión Nacional de Uso de Borde Costero de Litoral, cuya función principal es proponer acciones que impulsen la política antes mencionada, dentro de las cuales se encuentra la señalada en el artículo 2° literal a) “*proponer una zonificación de los diversos espacios que conforman el Borde Costero del Litoral de la República, teniendo en consideración los lineamientos básicos contenidos en la zonificación preliminar [...]*” (Ministerio de Defensa Nacional, D.S.N°475).

Dicha zonificación preliminar elaborada por el Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina, en conjunto con distintos Servicios de la Administración Pública, estableció la siguiente serie de conceptos (Cuadro 4):

**Cuadro 4. Clasificación de aptitud para las Áreas de Manejo y Extracción de Recursos Bentónicos.**

<b>Concepto</b>	<b>Definición</b>
Áreas reservadas para el Estado	Áreas sobre las cuales el Estado o sus organismos se encuentran desarrollando proyectos específicos o bien se estima necesario resguardar o reservar para proyectos futuros.
Áreas para puertos y otras instalaciones portuarias de similar naturaleza	Áreas que actualmente ocupan los puertos públicos que opera EMPORCHI y aquellas consideradas en futuras ampliaciones de los mismos. Áreas que actualmente ocupan instalaciones portuarias privadas. Áreas para nuevos puertos o instalaciones portuarias.
Áreas para industrias de construcción y reparación de naves	Áreas que actualmente ocupan las industrias de construcción y reparación de naves y aquellas que por sus condiciones se presten para este propósito en el futuro.
Áreas en las cuales existen asentamientos humanos y caletas de pescadores	Caletas y centros poblados de desembarque de pescadores artesanales.
Áreas para actividades industriales, económicas y de desarrollo	Plantas industriales procesadoras de productos del mar, instaladas en el borde costero. Áreas apropiadas para el ejercicio de la acuicultura. Áreas preferentemente turísticas y Áreas de Importancia Turística Relativa.

**Fuente: Ministerio de Defensa Nacional, Of1994.**

En la Propuesta de Macrozonificación de Borde Costero de la Región de Valparaíso, se establecieron categorías de zonificación, determinándose diez zonas, de las cuales una constituye uso exclusivo y nueve usos preferentes (GORE Valparaíso, 2012b). Estas categorías arrojaron además de la zonificación, usos y sus actividades asociadas todas ellas definidas en función de cuatro aspectos principales los cuales fueron:

- La Política Nacional de Uso de Borde Costero del Litoral de la República (PNUBC), D.S.N°475 de 1994, del Ministerio de Defensa Nacional por medio de la Subsecretaría de Marina.
- Aportes e indicaciones realizados por distintos actores del ámbito público y privado, en talleres y encuentros, los cuales antecedieron a la matriz de compatibilidad.
- La constatación de funciones territoriales, usos y actividades existentes y proyectadas en la zona costera de la Región.
- Zonificaciones existentes a la fecha y vigentes.

Dentro de las categorías de zonificación, se encuentran dos principales (cada una con las actividades y/o subcategorías correspondientes):

Uso exclusivo, zonas reservadas para el Estado en las cuales la función territorial establecida es excluyente para cualquier otro uso, que no sea:

- Zona exclusiva para funciones militares.
- Propiedad fiscal.
- Señalización marítima.
- Área de fondeo de la Escuadra Nacional.

Estas son áreas en las que el Estado o cualquiera de sus organismos desarrollan proyectos específicos, o bien, que deben ser reservadas para futuros proyectos.

Uso preferente, zonas orientadas a cumplir una función territorial de preferencia. También se establecen usos que si bien no son los establecidos como preferentes, se pueden dar en dicha zona, siempre y cuando se garantice que el desarrollo de dichas actividades no pongan en peligro el establecido como preferente, como:

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zona Portuaria.           <ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas de fondeo.</li> <li>- Áreas de espera en práctico.</li> <li>- Áreas de maniobra y tráfico marítimo.</li> <li>- Instalaciones y obras portuarias en general.</li> <li>- Industria de construcción y reparación de naves.</li> </ul> </li> <li>• Zona de Asentamientos Humanos.           <ul style="list-style-type: none"> <li>- Habitacional.</li> <li>- Equipamiento.</li> <li>- Servicios.</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zona Silvoagropecuaria.           <ul style="list-style-type: none"> <li>- Actividad silvícola.</li> <li>- Actividad agrícola.</li> <li>- Actividad pecuaria.</li> </ul> </li> <li>• Zona de Turismo y Recreación.           <ul style="list-style-type: none"> <li>- Área de interés turístico.</li> <li>- Pesca deportiva.</li> <li>- Deporte náutico.</li> <li>- Zona de Interés Turístico.</li> <li>- Centro de Interés Turístico.</li> </ul> </li> </ul> |
|--|--|

- Zona Industrial.
  - Industria energética.
  - Industria minera.
  - Industria sanitaria.
  - Industria pesquera.
  - Zona industrial.
- Zona de Pesca Artesanal.
  - Caleta pesquera artesanal.
  - Área de Manejo y Extracción de Recursos Bentónicos (AMERB).
  - Zona de Áreas Apropriadas para el ejercicio de la Acuicultura.
  - Área apropiada para la acuicultura – AAA.
- Zona de Conservación de la Naturaleza.
  - Área Marina Costera Protegida.
  - Parque y Reserva marina.
  - Santuario de la Naturaleza.
  - Área Silvestre Protegida.
  - Otros sitios de interés ecológico.
- Zona de Conservación del Patrimonio Cultura.
  - Monumento Nacional.
- Zona de Conservación Histórica.
- Conectividad.
- Vialidad.

Una vez establecidas las categorías de zonificación a partir de la Propuesta de Macrozonificación Público – Privada para la Región de Valparaíso, se establecieron criterios de compatibilidad entre los usos definidos como preferentes, así como los usos y/o actividades compatibles y aquellos con restricciones (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Criterios de compatibilidad para usos de borde costero.**

Zonas	Acuicultura	Asentamientos Humanos	Conectividad	Conservación del Patrimonio Cultural	Conservación de la Naturaleza	Industrial	Pesca Artesanal	Portuario	Silvoagropecuario	Turismo y Recreación
Portuaria (ZP)			■	■		■	■			■
Asentamientos Humanos (ZH)			■	■	■		■		■	■
Industrial (ZI)			■					■	■	
Pesca Artesanal (ZPA)	■	■	■	■				■		■
Áreas Apropriadas para el ejercicio de la Acuicultura (ZAAA)			■				■			■
Silvoagropecuaria (ZSAP)		■	■	■	■	■				■
Turismo y Recreación (ZTR)	■	■	■	■	■		■	■	■	
Conservación de la Naturaleza (ZCN)		■	■	■					■	■
Conservación del Patrimonio Cultural (ZCPC)		■	■		■		■	■	■	■

Uso Compatible  
 Uso Con Restricciones

**Fuente:** Elaboración propia en base al Resumen Ejecutivo Propuesta de Macrozonificación Público-Privada Región de Valparaíso, División de Planificación y Desarrollo, Gobierno Regional de Valparaíso, 2012b.

La categorización establecida responde más bien a criterios técnicos y administrativos que facilitan el establecimiento de distintos tipos de proyectos al existir un marco regulatorio claro en cuanto al uso de borde costero.

El criterio establecido como uso compatible se refiere a que en los territorios definidos bajo esta categoría (zonas compatibles) se podrían desarrollar sin ningún inconveniente proyectos de energía undimotriz, ya que pueden ser asociados a variables y/o actividades como las siguientes:

- Asentamientos Humanos.
- Conectividad.
- Actividad Industrial.
- Pesca Artesanal.
- Actividad Portuaria.
- Turismo y Recreación.

Una de las zonificaciones que no responde al mismo análisis son las Zonas Reservadas para el Estado (ZE), ya que en ellas el Estado o sus organismos pueden desarrollar proyectos específicos o reservarlas si se estima necesario para futuros proyectos.

En este caso, todas las áreas definidas como ZE podrían ser utilizadas a futuro para el establecimiento de proyectos de energía undimotriz, sobre todo si se logran desarrollar estos proyectos con el apoyo, ayuda o cooperación de entidades como la DIRECTEMAR. Por ello, las ZE inmediatamente quedarán dentro de la categoría de uso compatible. Además, las zonas definidas por la zonificación costera que son totalmente compatibles con el desarrollo de proyectos de energía undimotriz y a los que se les ha asignado la mayor aptitud son las siguientes, y se pueden ver en la Figura a continuación:

- ZH (Zona de Asentamientos Humanos).
- ZI (Zonas Industriales).
- ZTR (Zonas de Turismo y Recreación).
- ZP (Zonas Portuarias).
- ZPA (Zonas de Pesca Artesanal).

En la Figura 10 se presenta la propuesta de macrozonificación costera público-costera para la Región de Valparaíso realizada por el Gobierno Regional de Valparaíso, por medio de la División de Planificación. En ella se pueden apreciar seis zonas establecidas con usos específicos, las cinco zonas antes señaladas (ZH, ZI, ZPA, ZP, ZTR) además de una zona referida al uso reservado para el Estado (ZE).

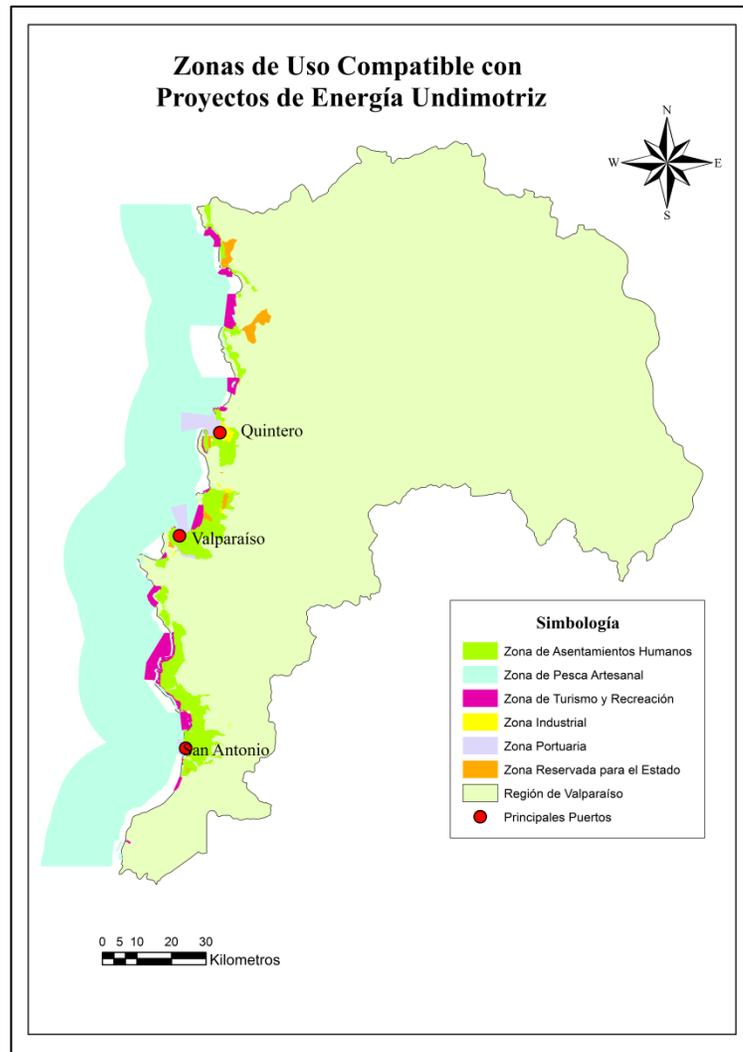


Figura 10. Usos de borde costero compatibles con proyectos de energía undimotriz. Fuente: Gobierno Regional de Valparaíso, 2012b.

A partir del mapa anterior se puede señalar que en términos de la planificación del borde costero, gran parte de éste podría ser compatible con proyectos de energía undimotriz en términos técnicos, ya que las distintas actividades asociadas a las zonas determinadas como compatibles se pueden relacionar con los proyectos de distintas formas.

El caso en el que se debiera tener más consideraciones corresponde a las zonas destinadas para la Pesca Artesanal (ZPA), debido a la relevancia para los trabajadores que viven de esta actividad. Sin embargo, esto se tratará más adelante en la variable Caletas de Pescadores Artesanales.

## Potencial del recurso

Consiste en el potencial en si del recurso que se está trabajando. En este caso, el potencial de olas tiene que ver con las características físicas de las olas que tengan la capacidad de generar energía, es decir, lo que se relaciona al potencial energético contenido en ellas. Por otra parte, el caso de los vientos tiene que ver con el efecto undígeno que éste genera, es decir, la capacidad y las características del viento que influyen en la formación de las olas en las costas de la región.

### Potencial de olas

Según el estudio realizado por la consultora Garrad Hassan (2009) el mar que baña las costas de la Región de Valparaíso posee un promedio de energía de entre 61 y 65 kW/m, como se puede ver en el Anexo N°9.1. Además, el mismo estudio definió los alrededores del Puerto de Ventanas y de San Antonio como sitios prioritarios para el desarrollo de proyectos de energía undimotriz.

A partir del año 2013, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile en conjunto con el Ministerio de Energía, el SHOA (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada) y la DIPRIDA (Dirección de Investigación, Programas y Desarrollo de la Armada), lograron desarrollar el “Explorador de Energía Marina” que consiste en un mapeo del recurso energético marino para Chile, logrando la simulación para un año completo de la altura, período de oleaje y dirección.

El recurso energético marino puede ser perfectamente modelado numéricamente, obteniendo datos de oleajes a partir de observaciones locales para cada sector que se pretenda analizar (DGF, 2013). Para un mejor estudio del potencial energético de las olas, se deben tener en cuenta cuatro parámetros principales:

- Altura significativa, que se obtiene al calcular la media aritmética de un tercio de las olas más altas en un conjunto de olas. Un ejemplo para este parámetro se puede ver en el Anexo 2, para un punto cualquiera cerca de las costas de San Antonio, y que consiste en una serie de tiempo de alturas significativas de olas. A partir de esta Figura se puede observar que las mayores alturas significativas se alcanzan entre los meses de junio y agosto, obteniendo alturas que bordean los 4 o 5 m.
- Período de oleaje, que corresponde a la media aritmética de los períodos de oleaje, es decir, el tiempo en segundos que transcurre entre una ola y otra.
- Potencia, que se traduce en el flujo de energía contenida en cada ola por metro de frente. Un ejemplo para este parámetro se puede ver en el Anexo 3, para un punto cualquiera cerca de las costas de San Antonio, y que consiste en una serie de tiempo de la potencia (en kW/m) de oleaje. A partir de esta Figura se puede observar que

las mayores potencia se alcanzan entre los meses de Junio y Agosto, con episodios que superan los 100 kW/m.

- Dirección, entendida como la media obtenida a partir de todas las direcciones de propagación del oleaje.

Otro aspecto que se debe considerar en relación al oleaje es la dirección de propagación de olas, como se puede ver en el Anexo 4.

De manera preliminar, se asume que toda la costa de la Región de Valparaíso reúne las condiciones necesarias para la instalación de proyectos de energía undimotriz partiendo de la premisa de un promedio de potencial que se encuentra entre los 60 y 65 kW/m obtenido a partir de estudios internacionales (Garrad Hassan, 2009) en las costas de Chile. Sin embargo, cuando se logre la determinación de los mejores sitios a partir del resto de las variables, se especificarán las características según el potencial de las olas en dichas zonas.

## **Infraestructura de apoyo**

La importancia de este conjunto de variables se explica porque el éxito en el desarrollo de los proyectos de energía undimotriz depende en gran medida de la disponibilidad de infraestructura así como de su calidad, con el fin de contar con una buena cadena de suministro. Ello no sólo para el caso de algunos proyectos esporádicos que se podrían generar, sino también pensando en que a futuro se espera el desarrollo de una gran cantidad de este tipo de proyectos.

### **Distancia a centros poblados**

En este punto, se busca identificar la posibilidad de que existan o que eventualmente se puedan desarrollar competencias en cuanto a la capacitación y desarrollo de personas que puedan contar con la experiencia y las habilidades necesarias para trabajar en proyectos de esta naturaleza. Junto con lo anterior, es indispensable contar con una red de servicios, infraestructura menor y equipos para necesidades relacionadas con el desarrollo de la tecnología en una primera instancia y el desarrollo de los proyectos en una instancia posterior. Para el caso del desarrollo de proyectos, se entiende que estos se podrán llevar a cabo siempre y cuando la tecnología ya haya sido desarrollada de manera exitosa anteriormente o bien que se esté dando en forma paralela (Aquatera, 2014).

Por ello se habla de la necesidad de contar con una red de servicios, infraestructura menor y equipos para satisfacer las necesidades en los ámbitos del desarrollo tecnológico y el desarrollo de proyectos. En el caso de Chile se habla más bien de un desarrollo de proyectos que tecnológico, ya que se espera que las tecnologías que se utilicen en una primera instancia sean importadas desde el extranjero. Sin embargo, en la actualidad

algunos desarrolladores de proyectos se están adentrando en nuevas propuestas tecnológicas acordes a las realidades locales. Pensando entonces en la necesidad de satisfacer las demandas del desarrollo de proyectos, las actividades que se relacionan con los proyectos de energía undimotriz (ver Anexo 5) se espera que puedan ser llevadas a cabo por habitantes de la región. Entre ellas destacan distintas fases del proyecto en que los habitantes de la Región se pueden involucrar, principalmente desde la perspectiva de la oferta laboral que se produciría en caso de lograr el desarrollo de este tipo de proyectos, y en donde fases como instalación u operación y mantenimiento requerirían de mano de obra que podría ser aportada por la zona. Además, para que se logren desarrollar los proyectos, éstos necesitan que la tecnología haya sido desarrollada de manera exitosa o bien, que se pueda llevar a cabo un proceso en el cual se logre un desarrollo tecnológico de manera paralela. Entendiendo que cada una de estas actividades puede presentar necesidades independientes de distintos elementos, se debe identificar en lo posible, la vocación productiva de cada territorio para poder visualizar de qué manera cada uno puede contribuir de una manera u otra al desarrollo de las iniciativas.

En el sector litoral de la región (Figura 11) se encuentran 15 comunas: La Ligua, Papudo, Zapallar, Puchincaví, Quintero, Concón, Viña del Mar, Valparaíso, Casa Blanca, Algarrobo, El Quisco, El Tabo, Cartagena, San Antonio y Santo Domingo, las cuales constituyen cerca de un 54% de la población de la Región, con 830.036 habitantes. De toda la población residente en zonas costeras, Viña del Mar y Valparaíso concentran el 65 % (GORE Valparaíso, 2012a).

Respecto al sistema urbano, se puede señalar que en la zona costera se presenta una gran dinámica gracias a la existencia de conurbaciones del Gran Valparaíso y el Litoral Sur, las cuales se caracterizan por una alta dinámica poblacional, una gran concentración de servicios y además, una gran diversidad de actividades económicas, destacando los sectores de la industria manufacturera, del transporte y de las comunicaciones, las cuales provienen principalmente de la alta actividad portuaria - seguidos por las actividades de los servicios personales y la construcción (GORE Valparaíso, 2012a).

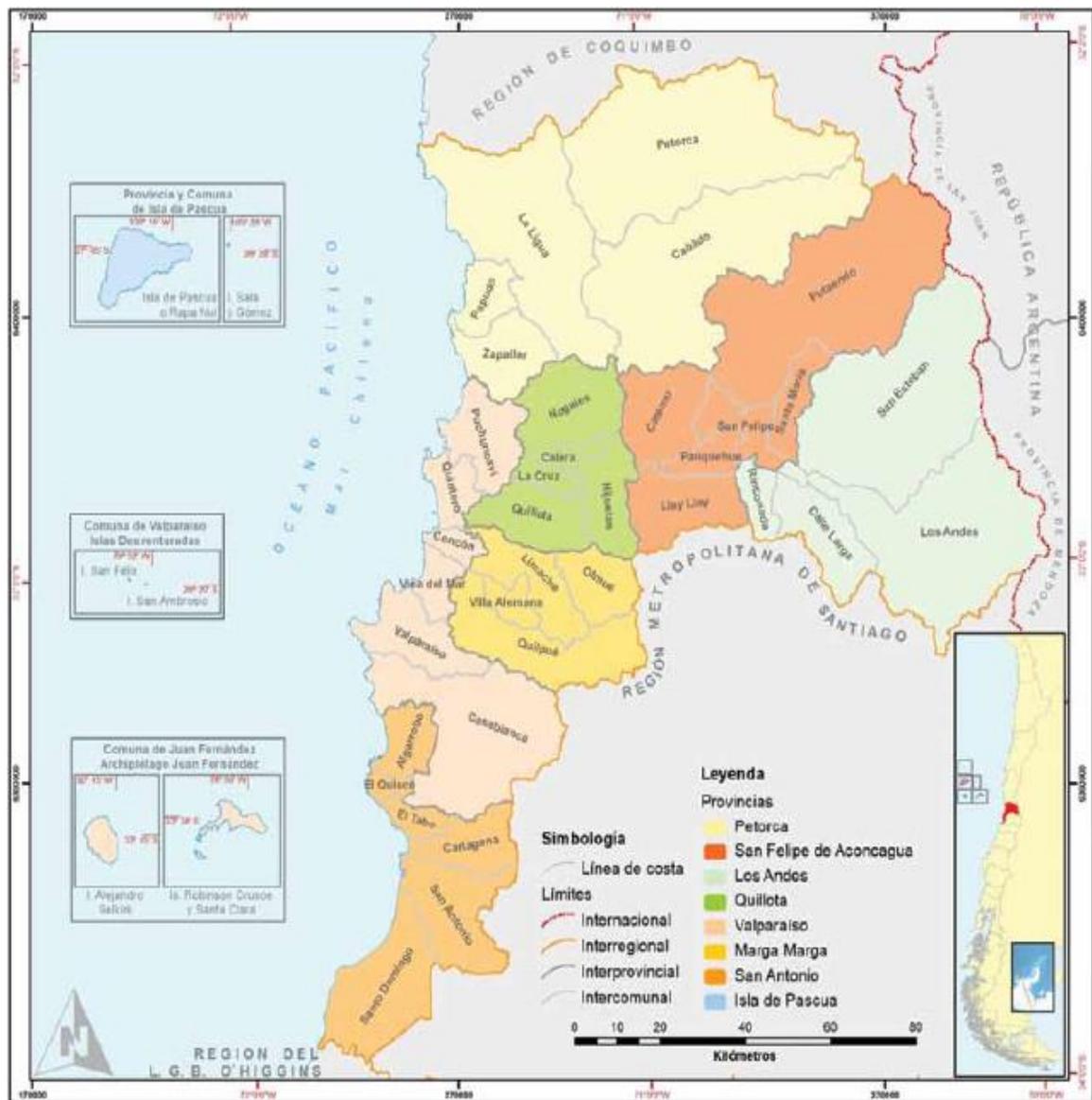


Figura 11. División político-administrativa de la Región de Valparaíso. Fuente: Estrategia Regional de Desarrollo, GORE, 2012a.

Las vocaciones productivas de los territorios subregionales asociados al litoral costero, se pueden ver en el Apéndice 1.

Por otra parte, las provincias de la costa (Petorca, Valparaíso y San Antonio) concentran cerca de un 77% de la demanda de alojamiento turístico, en donde las comunas que poseen la mayor demanda son Viña del Mar, Olmué y Puchuncaví (GORE Valparaíso, 2012b). De hecho, al año 2009 la Región de Valparaíso fue la tercera Región a nivel nacional – después de la Región Metropolitana y la Región de los Lagos – que concentró la mayor llegada de turistas. Además, ocupó el quinto lugar en lo que respecta al flujo internacional de turistas.

De la misma forma, la Región de Valparaíso registró en el mismo año el mayor número de establecimientos de alojamiento turístico, la mayor capacidad en disponibilidad de camas y el mayor número de hoteles en el país. Además, la Región concentró el mayor número de establecimientos vinculados a la actividad turística a nivel nacional, en lo que respecta a restaurantes y similares (INE, 2010).

Resulta indispensable identificar las capacidades existentes en cada uno de los centros poblados más cercanos a la costa y de qué manera éstos podrían participar de alguna forma en el desarrollo de proyectos de energía undimotriz.

En la Región de Valparaíso existe una alta densidad poblacional y una alta intensidad de uso del borde costero, por lo que si consideramos que los proyectos de energía undimotriz se ubicarían en el borde costero o en sus alrededores, resulta necesario conocer las principales vocaciones productivas de los territorios asociados a esta condición y ver de qué modo dichas vocaciones podrían asociarse a este tipo de proyectos.

Por tanto es sumamente relevante identificar los principales centros poblados cercanos a la costa por la importancia que éstos puedan tomar en el caso del desarrollo de proyectos de energía undimotriz, principalmente en lo que respecta a la infraestructura de apoyo y a la cadena de suministro. Lo anterior considerando que el éxito y la viabilidad económica de los proyectos dependerá en gran medida de ello, por lo que sin duda se requiere potenciar el desarrollo local principalmente en función de la formación de conocimiento, a las evaluaciones medioambientales y fabricación de la obra gruesa de los dispositivos, entre otros aspectos.

Entendiendo que la mayoría de las actividades económicas de la zona surgen a partir de la alta actividad portuaria, se puede prever que la gran concentración de servicios y la diversidad de actividades económicas influirían de manera positiva en el desarrollo de proyectos de energía undimotriz, aportando no sólo con mano de obra en la etapa de construcción, instalación y mantenimiento de los dispositivos, sino también con todos los servicios necesarios para que estas personas puedan tener una buena calidad de vida.

En apoyo a lo antes señalado, sobre todo en lo relacionado con la creación de conocimiento técnico y profesional para enfrentar este tipo de proyectos, respecto a las instituciones de educación superior presentes en la región, se puede decir que existe una gran cantidad de ellas y que éstas se encuentran concentradas principalmente entre las comunas de Viña del Mar y Valparaíso (ambas comunas en la zona costera). Se espera que estas instituciones cumplan el rol de capacitar a los estudiantes en todo lo relacionado con energías marinas y a la vez, puedan contribuir en cuanto a la investigación y al apoyo en el desarrollo tecnológico. Las universidades existentes en la Región y se pueden ver en el Cuadro 6.

**Cuadro 6. Instituciones de educación superior en la Región de Valparaíso.**

	Instituciones
DUOC Universidad Católica	Universidad de Viña del Mar
Universidad Adolfo Ibáñez	Universidad del Mar
Universidad de Aconcagua	Universidad Marítima de Chile
Universidad de Las Américas	Universidad Nacional Andrés Bello
Universidad de Los Lagos	Universidad Técnica Federico Santa María
Universidad de Playa Ancha	Universidad Santo Tomás
Universidad de Valparaíso	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

De hecho actualmente instituciones como la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, la Universidad Técnica Federico Santa María y la Universidad de Valparaíso se encuentran trabajando en proyectos relacionados con energías marinas, sobre todo en lo que respecta a la estimación y disponibilidad del recurso energético undimotriz, trabajo que ha contado con el apoyo de organismos del Estado como el SHOA y la DIRECTEMAR.

Analizando los territorios subregionales de Valparaíso, para el caso del territorio Litoral Norte, su importancia radica en su desarrollo portuario. Debido a que la utilización de los puertos para estos proyectos sólo dice relación con la recepción de barcos que transporten la infraestructura para los dispositivos, no se generaría una contaminación considerable que pudiera empeorar la calidad del aire en la zona, por lo que no debiese existir ningún tipo de inconveniente en la utilización de los puertos. Por otra parte, existen casos en los cuales los proyectos undimotrices pueden coexistir con caletas de pescadores artesanales, por lo que tampoco debiese representar un problema significativo.

Para el caso del Gran Valparaíso, este punto se ha explicado anteriormente principalmente en lo que respecta a la disponibilidad de servicios para las personas que se puedan relacionar con este tipo de proyectos, tanto desde la perspectiva de la mano de obra como del turismo que podría llegar a la zona interesado en conocer estas nuevas tecnologías.

En este sentido, los asentamientos humanos costeros de la Región de Valparaíso (Figura 12) se encuentran preparados para poder recibir a las personas que pudieran llegar desde otros lugares a involucrarse con los proyectos de energía undimotriz, ya que se cuenta con la capacidad de acogida para las personas a partir de una buena disponibilidad de camas y establecimientos hoteleros y residenciales. Visto desde otra perspectiva, se puede prever que el establecimiento de proyectos de energía undimotriz a partir de cualquier tipo de dispositivos (señalados en el apartado “Tipos de Tecnologías”) se puede transformar en un importante atractivo turístico, al igual como se ha hecho en el caso de otros proyectos de ERNC como parques eólicos o solares, los cuales constituyen una oportunidad para crear un valor agregado a este tipo de proyectos, los cuales funcionan por una parte como generadores de energía y por otra parte, como atractivos turísticos debido a la novedosa propuesta que constituyen las tecnologías marinas en una sociedad que cada vez va adquiriendo mayores conocimientos al respecto.

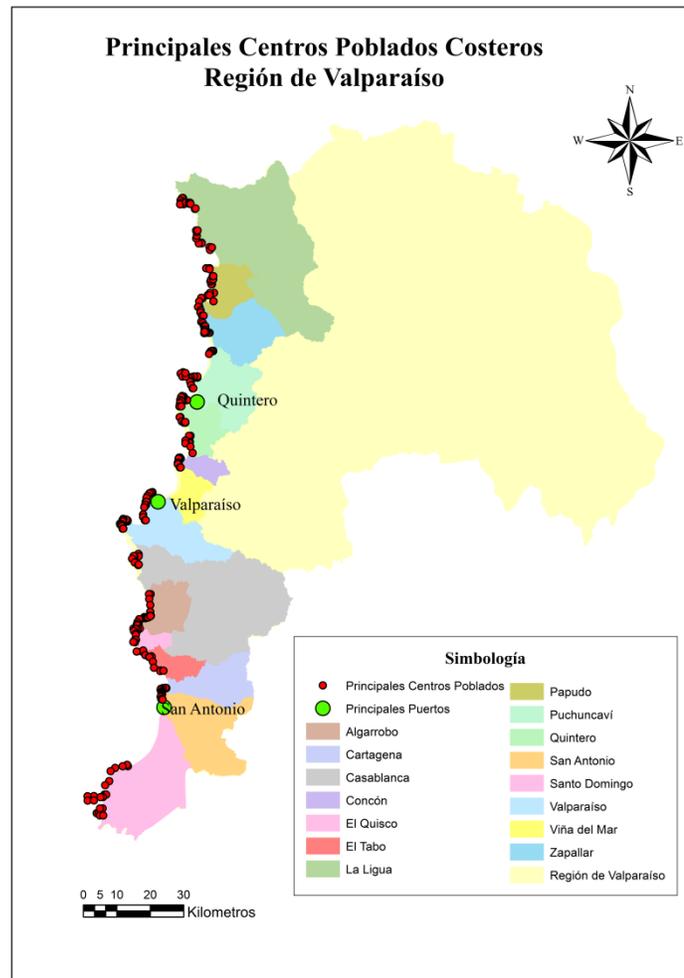


Figura 12. Principales poblados costeros de la Región de Valparaíso. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Sistema Integrado de Información Territorial (SIIT), 2014.

A partir del mapa anterior se puede observar que a lo largo de la costa de la Región de Valparaíso existe una alta ocupación de asentamientos humanos de manera casi ininterrumpida (salvo en el caso de la zona sur-oeste, que se explica por la presencia de farellones costeros y acantilados como se mencionó en la variable de acceso al recurso). Cada uno de estos asentamientos tiene vocaciones productivas particulares y de una u otra manera se puede involucrar en el desarrollo de proyectos de energía undimotriz ya sea prestando mano de obra en alguna de las fases del proyecto, o teniendo la capacidad de acogida para distintas personas que puedan llegar a la región para también relacionarse en alguna fase del proyecto, o bien prestando algún tipo de servicio que se pueda asociar. Además, hay asentamientos que cuentan con establecimientos de educación superior que

pueden aportar con la formación de profesionales que puedan desarrollar las habilidades y conocimientos necesarios para hacer de estos proyectos su fuente laboral, entre otras.

### **Distancia a subestaciones**

Es necesario comprender que para que un proyecto de ERNC se integre y pueda operar en el mercado, éste se encuentra condicionado al mercado eléctrico en el que se inserte, ya que se deben considerar aspectos como el marco reglamentario y legal así como las políticas sectoriales. Por ello, se deben tener en cuenta los aspectos técnicos necesarios para que cualquier proyecto de ERNC pueda inyectar la energía que produzca a un sistema eléctrico interconectado, considerando que para ello debe cumplir con certificaciones permisos de construcción y evaluación de impacto ambiental, entre otros. Además, no se pueden dejar de considerar los costos que enfrentará un proyecto a la hora de conectarse al sistema, lo cual dependerá en gran medida de la localización del proyecto (en cuanto a la distancia a un sistema eléctrico), al tipo de tecnología que se utilice y a la potencia que pretenda inyectar a la red (CNE-GTZ, 2009).

Un sistema eléctrico *“es el conjunto de instalaciones de centrales eléctricas generadoras, líneas de transporte, subestaciones eléctricas y líneas de distribución, interconectadas entre sí, que permite generar, transportar y distribuir energía eléctrica”* (CNE-GTZ, 2009, CNE, 2014).

Actualmente en Chile existen cuatro sistemas eléctricos interconectados principales, los cuales se clasifican según su tamaño en el Cuadro 8.

**Cuadro 7. Distribución de los Sistemas Eléctricos en Chile.**

Nombre del Sistema	Extensión	Capacidad Instalada (%)
Sistema Interconectado del Norte Grande (SING)	Entre Arica y Antofagasta	28.06
Sistema Interconectado Central (SIC)	Entre Taltal y Chiloé	71.03
Sistema de Aysén	Región de Aysén	0.29
Sistema de Magallanes	Región de Magallanes	0.62

**Fuente: Elaboración propia a partir de Comisión Nacional de Energía, 2014.**

Considerando que los proyectos de energía undimotriz corresponden a proyectos del sector de las energías renovables, se necesitan elementos de infraestructura eléctrica mínimos tales como conexiones a la red por medio de cableados submarinos que conecten a los proyectos con la subestación eléctrica correspondiente, subestaciones eléctricas a las cuales se haga

llegar la energía producida, redes de transmisión (CA y HDVC), convertidores CA/CC y fuentes de suministro de reserva (Aquatera, 2014).

Cabe destacar que para fomentar el desarrollo de las energías renovables durante el último tiempo se han venido realizando varios cambios en el aspecto regulatorio y en cuanto al mercado eléctrico en el país, lo anterior reflejado en la participación de pequeños generadores en el mercado eléctrico, la exención en el cobro de peajes por uso de sistemas de transmisión para proyectos de menor escala que provengan de ERNC y lo más trascendental, el hecho de que todas las empresas que venden energía deben por obligación proveer de un cierto porcentaje de ventas que provenga sólo de ERNC (Aquatera, 2014).

Para el desarrollo de esta memoria de título, sólo se consideró el Sistema Interconectado Central (SIC), dentro del cual se encuentra la Región de Valparaíso, y que corresponde a un sistema mayor al poseer una capacidad de generación instalada igual o superior a los 200 MW. Es el sistema que abastece a toda la zona central del país como se indica en el Cuadro 9, entre Taltal desde el norte hacia la isla de Chiloé, específicamente hasta Quellón hacia el sur. Abarca una extensión aproximada de 2100 km, abasteciendo a cerca del 90% de la población del país y concentrando una capacidad instalada al año 2009 de cerca de un 71% del total del país (CNE-GTZ, 2009).

Considerando que en la actualidad no existen regulaciones ni definiciones específicas para los proyectos de energías marinas, se espera que la planificación para la implementación de los primeros proyectos pilotos se haga en lugares con real disponibilidad de una red eléctrica. Es más, en caso de que con el tiempo este tipo de proyectos vayan en aumento y no se disponga de la capacidad necesaria en la red eléctrica, contar con una inadecuada planificación podría generar retrasos en el desarrollo de los proyectos y por supuesto, se afectaría la viabilidad comercial de ellos (Aquatera, 2014).

Por otra parte, existen ciertas aplicaciones que pueden ser consideradas para el uso de la energía proveniente de proyectos undimotrices que no necesariamente deben ser conectados a algún sistema de transmisión. Tal es el caso por ejemplo de algunas industrias emplazadas en la costa de la región, las cuales podrían utilizar estos dispositivos para generar su propia energía como algunas plantas de tratamiento de aguas, granjas salmoneras o puertos, que en la actualidad cuentan con autogeneradores y que podrían obtener la energía necesaria para su funcionamiento a partir de proyectos de energía undimotriz. Otra utilización que se le puede dar a estos proyectos es en comunidades aisladas que también dependen de algún sistema generador, por lo que la energía proveniente de proyectos undimotrices puede ser inyectada a esas mismas comunidades de modo de disminuir su dependencia a otros medios de generación o a la utilización de combustibles, aumentando sus costos operativos.

De acuerdo al análisis de costos asociados a la batimetría de las costas, para mantener los costos del proyecto dentro de márgenes aceptables, se decidió establecer rangos de distancia desde la línea de costa a la subestación eléctrica más cercana, la cual no debe exceder los 50 km, ya que posterior a dicha distancia, los costos de conexión a la red se vuelven muy elevados. Por tanto, en la medida que la distancia desde las subestaciones a la costa sea menor, mayor será la compatibilidad con la instalación de proyectos de energía undimotriz. La clasificación establecida se puede ver en el Cuadro 8.

**Cuadro 8. Criterios de aptitud para la distancia entre proyectos y subestaciones eléctricas.**

Condición de Distancia	Compatibilidad
Entre 0 y 10 km	Muy Compatible
Entre 11 y 50 km	Compatible
Más de 50km	Incompatible

A partir de la clasificación propuesta 17 de las 20 subestaciones eléctricas existentes en la Región cumplen con algún grado de compatibilidad. Dentro de las 17 subestaciones con algún grado de compatibilidad, 10 subestaciones se encuentran a menos de 10km de distancia de la línea de costa y 7 se encuentran entre 11 y 50km, como se puede ver en el Cuadro 9.

**Cuadro 9. Clasificación de aptitud para la distancia entre proyectos y subestaciones eléctricas.**

Nombre	Comuna	Voltaje (KV)	Propietario	Distancia (km)	Categoría
San Antonio	San Antonio	12/66/110/220	Chilquinta	$x \leq 10$	MC <sup>31</sup>
San Pedro	Viña del Mar	12/110	Chilquinta	$x \leq 10$	MC
Marga Marga	Viña del Mar	13.2/110	CGE Transmisión	$x \leq 10$	MC
Marbella	Puchuncaví	13.2/110	CGE Transmisión	$x \leq 10$	MC
Laguna Verde	Valparaíso	66	Chilquinta	$x \leq 10$	MC
Agua Santa	Viña del Mar	66/110/220	Chilquinta	$x \leq 10$	MC
Torquemada	Concón	110	ENAP Refinerías S.A	$x \leq 10$	MC
Mauco	Concón	110	ENAP Refinerías S.A	$x \leq 10$	MC
Ventana	Puchuncaví	110	AES Gener	$x \leq 10$	MC
Quinquimo	Papudo	110	CONAFE A	$x \leq 10$	MC
Casablanca	Casablanca	12/66	Chilquinta	$10 < x \leq 50$	C <sup>32</sup>
Las Vegas	Llaillay	12/44/110	Chilquinta	$10 < x \leq 50$	C
Cabildo	Cabildo	110	CONAFE A	$10 < x \leq 50$	C
Colmo	Quillota	110	Chilquinta	$10 < x \leq 50$	C
Calera	Calera	110	Chilquinta	$10 < x \leq 50$	C
Quillota	Quillota	220	ENDESA	$10 < x \leq 50$	C
Nogales	Nogales	220	Transec	$10 < x \leq 50$	C
Panquehue	Panquehue	44/12	Chilquinta	$x > 50$	I <sup>33</sup>
Saladillo	Los Andes	220	Guardia Vieja Obras y Desarrollo	$x > 50$	I
Los Maquis	Los Andes	220	S.A	$x > 50$	I

**Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos aportados por el Centro de Energías Renovables (CER), 2013.**

<sup>31</sup> Muy Compatible

<sup>32</sup> Compatible

<sup>33</sup> Incompatible

En base a los datos antes señalados, se elaboró una cartografía para identificar territorialmente las subestaciones que cumplen con las mejores condiciones de compatibilidad para proyectos de energía undimotriz. Además, se han agregado a la cartografía las líneas de transmisión eléctrica existentes para la región para poder ver la capacidad de la red a la cual se podrían conectar los proyectos (Figura 13).

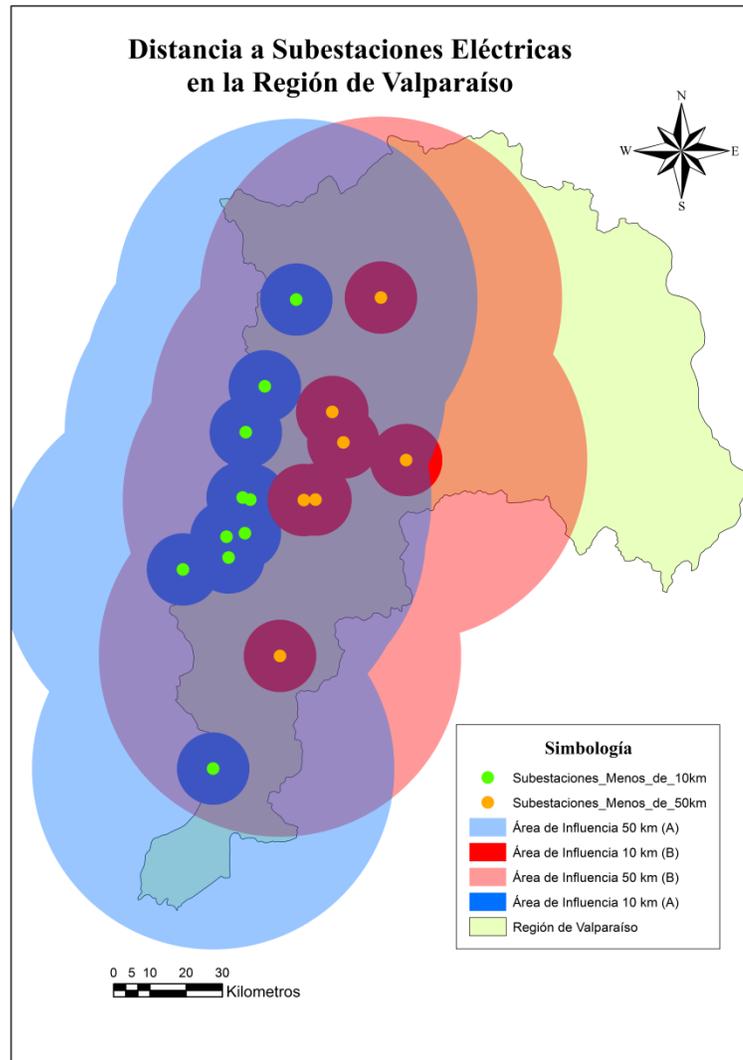


Figura 13. Distancia a subestaciones eléctricas en la Región de Valparaíso. Fuente: Elaboración propia, a partir de datos del Ministerio de Energía, 2009<sup>34</sup>.

<sup>34</sup> Información aportada por el Centro de Energías Renovables (CER), 2012.

A partir del mapa anterior se puede observar que, todo el sector costero de la región queda cubierta bajo el área de influencia de alguna de ellas, por tanto, técnicamente, en cualquier sector de la costa y sus alrededores se podría instalar un proyecto undimotriz ya que eventualmente podría ser conectado a alguna subestación eléctrica, sin tomar en cuenta los aspectos económicos.

Según el criterio de distancia a las subestaciones, aquellas de color naranja (que son las que se encuentran a más de 10 km de distancia hacia la línea de costa) quedan descartadas si se considera un área de influencia de 10 km (representadas con círculos de color rojo), ya que los costos de conectar algún proyecto a estas subestaciones sería infructuoso debido a la gran distancia y a los costos que esto implicaría. En el caso del área de influencia de 50 km (representadas en color rosado) para las mismas subestaciones, sí sería posible que los proyectos se conectaran pero se han descartado porque aun cuando la posibilidad existe, los costos de conexión seguirían siendo elevados. Sin embargo, en el caso de las subestaciones marcadas en color verde (que son aquellas a una distancia inferior a 10 km de la línea de costa), tanto para el caso de un área de influencia de 10km (representadas en color azul) como de 50 km (representadas en color celeste), sería posible conectar algún proyecto y los costos serían menos elevados. En este caso se consideran con mayor aptitud aquellos sitios que se encuentren a menor distancia de las subestaciones, es decir, que estén dentro del área de influencia de 10 km, y con una aptitud menor aquellos sitios que se encuentren dentro del área de influencia de 50 km, ya que si bien sería posible, los costos serían más elevados.

### **Infraestructura portuaria**

Al año 2009 en el país existían en conjunto 24 puertos comerciales de uso público de los cuales 7 correspondían a graneleros y 17 correspondían a multi-propósitos, alrededor de 30 terminales privados que se especializan en transporte principalmente de petróleo y minerales, 14 puertos de pasajeros, 17 puertos pesqueros y muchas más infraestructuras portuarias consideradas menores (MOP, 2009). En la zona central de Chile, los puertos sirven mayoritariamente a la carga general (en contenedores) y a productos agrícolas. Los puertos comerciales existentes en la Región de Valparaíso se pueden ver en el Cuadro 10.

**Cuadro 10. Tipos de puertos en la Región de Valparaíso.**

<u>Puerto</u>	<u>Tipo de Puerto</u>
Ventanas	Multipropósito Graneles
Oxiquim Quintero	Líquidos
Valparaíso	Multipropósito
San Antonio	Multipropósito

**Fuente: Infraestructura Portuaria y Costera Chile 2020, 2009.**

En el caso de los puertos de San Antonio, Valparaíso y Ventanas, éstos constituyeron tres de los puertos con mayor distribución de carga transferida durante el año 2008 (MOP, 2009).

Además en el caso de la Región de Valparaíso se cuenta con zonas extraportuarias o de apoyo logístico que, como lo dice su nombre, contribuyen a descongestionar los espacios portuarios en actividades como el control y coordinación de los camiones que transportan la carga desde y hacia el puerto mismo, agilizando el movimiento de las cargas

De la misma manera, en el artículo N°13 se indica que cada Empresa Portuaria deberá contar con un Plan Maestro, el cual se define como un instrumento de planificación territorial (IPT) en el cual se delimitan las áreas comprometidas (terrestres y marítimas), así como las obras que se requieren para el desarrollo que se espera del puerto y sus usos, considerando un horizonte de tiempo de veinte años como mínimo (MOP, 2009). Este plan deberá considerar todas las áreas dentro de los recintos portuarios en las que se realicen distintos tipos de actividades, por lo que además, cada proyecto que se realice en alguna de esas áreas debe ser concordante con el uso para el cual se ha definido.

Lo más importante de esta variable es que la existencia de infraestructura portuaria constituye una importante prioridad en cuanto a la selección de sitios por los servicios que pueden prestar a los proyectos. Si bien por una parte reciben los embarques que podrán traer las tecnologías que se implementarán, también serán los lugares desde los cuales podrían partir embarcaciones que las lleven por cualquier razón. Por otra parte, es desde ahí donde se embarcarán hacia los lugares donde serán instalados y por tanto, los costos disminuyen en la medida de que la distancia hacia los puertos es menor o bien, que los proyectos se encuentran más cercanos a estos puertos.

Al considerar los puertos como puntos de acceso del servicio, en ambos puertos principales (el de Valparaíso y el de San Antonio) existen áreas que pueden cumplir con esta designación de funciones, las cuales son las áreas definidas como de transferencia y las áreas conexas. Las primeras están destinadas a la atención de naves, pasajeros, tripulantes, carga así como áreas de respaldo y de almacenamiento, por lo que son estas las áreas que podrían ser utilizadas para el movimiento de los aspectos que tengan que ver con el transporte de elementos de los dispositivos para generar energía undimotriz. Por otra parte se encuentran las áreas conexas, las cuales son las destinadas a prestar servicios a las naves, cargas, tripulantes y además al desempeño de funciones propias de los servicios públicos con competencia en materia portuaria. Por ello, el uso de estos lugares también sería apto para todo lo que tiene que ver con el transporte de los elementos de los dispositivos antes señalados.

Por otra parte, también existe el puerto de Ventanas el cual es de propiedad privada y fue construido junto con la Central Termoeléctrica Ventanas (actualmente AES Gener S.A). El tipo de carga que se mueve en este puerto es de una naturaleza distinta al que se mueve en los puertos de Valparaíso y San Antonio, ya que se trata principalmente de productos que tienen que ver con la termoeléctrica. Además existe el Puerto de Quintero a cargo de la compañía Ultramar que también podría ser utilizado para fines de la movilización de los

elementos necesarios para la construcción de los aparatos de los dispositivos, pero que actualmente se encuentra en un proceso más bien de remodelación y reconstrucción. Finalmente, los principales puertos que pueden ser de utilidad para el desarrollo de proyectos de energía undimotriz se pueden ver en la Figura N°14.

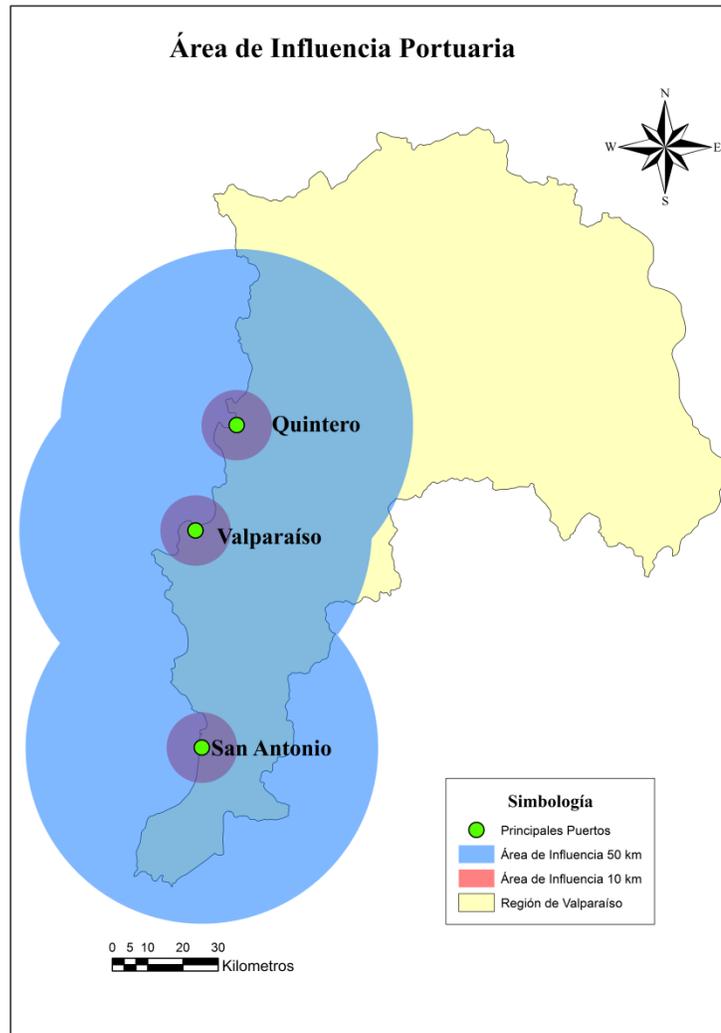


Figura 14. Principales puertos de la Región de Valparaíso y sus áreas de influencia. Fuente: Elaboración propia a partir de información aportada por el Gobierno Regional de Valparaíso, 2013.

Si bien los principales puertos a considerar fueron el de San Antonio, el de Valparaíso y Quintero, no basta con que en la Región existan puertos a disposición de los proyectos de energía undimotriz y que además puedan prestar los servicios necesarios, sino que además la distancia entre éstos y los proyectos debe ser moderada para que los costos de traslado de las partes que sean exportadas no sean tan elevados. Por ello, se ha propuesto al igual que

en el caso de las subestaciones eléctricas, generar áreas de influencia alrededor de cada uno de los puertos para ver el grado de cobertura que podrían tener para los proyectos. Por tanto, se ha representado en color rosado el área de influencia de 10 km ejercida por cada uno de los puertos seleccionados (Quintero, Valparaíso y San Antonio) y en color celeste el área de influencia de 50 km ejercida por los mismos puertos. Aquellas áreas que no queden dentro del área de influencia de los puertos serán consideradas menos aptas que otras que si lo estén, bajo la premisa de que se busca incurrir en los menores costos posibles. Como se puede ver en la imagen antes señalada, prácticamente toda la zona costera de la región queda cubierta bajo la influencia de alguno de los puertos indicados, salvo desde el sector de Pichicuy hacia el límite norte de la región, en donde ya no habría influencia de ninguno de los puertos y por tanto, el costo de instalar algún proyecto aumentaría ya que la distancia que habría que recorrer entre alguno de los puertos y esos lugares sería muy grande, así como los costos de fondeo y los tiempos de desplazamiento

### Presencia de astilleros

Las funciones principales de los astilleros y maestranzas son la reparación y carena (limpieza de fondos) de naves y artefactos navales, así como la fabricación y reparación de artículos industriales, la construcción de naves y artefactos navales tanto para la Armada de Chile como para terceros (ASMAR, 2014a).

A continuación, se ha elaborado un listado con astilleros, maestranzas u otros que presenten servicios similares a los antes señalados y que serían de gran relevancia en lo que respecta a la construcción y/o reparación de las tecnologías para proyectos undimotrices (Cuadro 11).

**Cuadro 11. Empresas relacionadas con la construcción y mantenimiento de embarcaciones en la Región de Valparaíso.**

Tipo de Servicio	Empresa
Astillero	ASMAR Planta Industrial Valparaíso Astillero Conavre Ltda.
Astillero, Reparaciones	Bormen Ltda.
Maquinarias	Maritec Ltda.
Maestranza	Sociber Ltda.

- ASMAR (Astilleros y Maestranzas de la Armada) fue creado en 1960 como una empresa autónoma del Estado que tenía como función principal satisfacer las necesidades de mantención, reparación y construcción - entre otras - de naves de la Armada de Chile además del resto de la comunidad naviera tanto nacional como internacional. Para ello, la empresa cuenta con tres plantas industriales, una de ellas ubicada en la ciudad de Valparaíso y las otras dos en Talcahuano y Punta Arenas. El astillero de Valparaíso es la unidad más antigua de ASMAR y se encarga principalmente de reparaciones marítimas. Tiene talleres y laboratorios que

permiten realizar reparaciones integrales a flote y fabricar embarcaciones para diferentes aplicaciones en los ámbitos militares y civiles (ASMAR, 2014b).

- Conavre Ltda. es un astillero que construye embarcaciones de pesca en plástico sobre todo para el sector artesanal, prestando además una gama de servicios agrupados en servicios navales, industriales y de pinturas (Conavre, 2014).
- Bormen Ltda. es una empresa que presta servicios en dos áreas principales: servicios marítimos, especializados en reparación, mantención y fabricación de estructuras y piezas para el servicio naviero, y servicios industriales, especializados en mantención de maquinarias, herramientas, fabricación de piezas y estructuras metálicas (Bormen, 2014).
- SOCIBER Ltda. (Sociedad Iberoamericana de Reparaciones Navales) es un astillero con un dique flotante y que se encuentra fondeado en la bahía de Valparaíso. Tienen como finalidad principal la reparar y varar naves en el puerto de Valparaíso, además de poder abarload (maniobrar un buque) las naves y artefactos navales al mismo dique en Valparaíso o bien, entre Ventana y San Antonio (Sociber, 2014).
- Maritec Ltda. es una compañía que presta servicios de ingeniería marítima e industrial, especializada en mantenimiento y reparaciones tanto a bordo de las naves como en talleres.

Todas estas empresas se encuentran en la ciudad de Valparaíso, salvo una de ellas que se encuentra entre Concón y Quintero. Su principal función consiste en prestar servicios a los proyectos de energía undimotriz, sobre todo en lo que respecta a la reparación y mantención de los dispositivos.

Debido a que la función de los astilleros y maestranzas es fundamentalmente la prestación de servicios, a ellas aplica la misma lógica que para los puertos, por tanto, no basta con que en la Región existan astilleros y maestranzas a disposición de los proyectos de energía undimotriz y que además puedan prestar los servicios necesarios, sino que además la distancia entre éstos y los proyectos debe ser moderada para que los costos de traslado de las partes que sean exportadas no sean tan elevados. Por ello, se ha propuesto al igual que en el caso de los puertos, generar áreas de influencia alrededor de cada uno de los astilleros para ver el grado de cobertura que podrían tener para los proyectos. Como las ubicaciones de éstos coinciden con la ubicación de los puertos, se utilizará la misma cartografía que para los puertos, por tanto los resultados serán los mismos (Figura 14).

### **Restricciones**

El conjunto de variables de este grupo se refiere a todas aquellas variables que constituyen de una manera u otra en algunos sitios dentro del área de estudio. Son áreas que en su mayoría se encuentran bajo algún grado de protección legal, o que técnica y

administrativamente se encuentran destinados a usos que no son compatibles con el desarrollo de proyectos de energía undimotriz.

### **Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB)**

Durante los últimos treinta años los recursos *bentónicos* se han explotado y comercializado en gran cantidad. El incremento en la extracción de estos recursos condujo a una importante disminución en la Región de especies como lapas y locos, así como la desaparición de especies como machas y ostiones, entre otros. Con la finalidad de mejorar la condición del medio ambiente intermareal y submareal, a lo largo de las costas del país se establecieron áreas de manejo, las cuales pueden ser entregadas en concesión a agrupaciones de pescadores artesanales y que surgieron, entre otras alternativas, como una opción viable para poder lograr la recuperación, mantención y aumento de los recursos bentónicos, a modo de poder conservar la biodiversidad a lo largo del tiempo (Ortiz, 2003).

Un Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) *“es un régimen de acceso que asigna derechos de explotación exclusiva a organizaciones de pescadores artesanales, mediante un plan de manejo y explotación basado en la conservación de los recursos bentónicos presentes en sectores geográficos previamente delimitados”* (SUBPESCA, 2014). A partir de este régimen se entregan derechos de uso o explotación sobre recursos bentónicos presentes en ciertos sectores delimitados geográficamente, y son otorgados sólo a organizaciones de pescadores artesanales que se hayan constituido legalmente y que cuenten con la aprobación de un plan de manejo que busque la sustentabilidad de los recursos presentes en dicho sector. Esta situación tiene resultados tan importantes como la consolidación de la capacidad de gestión de las organizaciones de pescadores y la conservación de los recursos bentónicos al regular el acceso a las pesquerías (SUBPESCA, 2014). Para mayor información respecto a las AMERB, ver Apéndice 2.

En el marco de acceso a información pública establecida en la Ley N°19.880 se solicitó al Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), la información sobre la ubicación de las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) de la Región de Valparaíso. Dicha información fue entregada en dos formatos: por un lado, el documento oficial entregado mediante Oficio Ordinario para responder a la solicitud ingresada con el N°460110313 y por otro lado, un disco con las áreas digitalizadas en el software Google Earth. A partir de lo anterior se pudo determinar que la Región cuenta con 42 AMERB establecidas cada una mediante Decreto Exento, de las cuales 28 se encuentran en estado activo, 11 se encuentran en estado inactivo y 3 se encuentran en Estudio de Situación Base (ESBA) que constituye la primera etapa para la asignación de un área de manejo. En el listado entregado por SERNAPESCA se encuentra la siguiente información: el nombre de cada área de manejo, se incorpora una imagen referencial del área decretada, las coordenadas de cada vértice perteneciente al área y la información general que indica la organización que administra el área de manejo, las especies objetivo declaradas y el estado actual de cada área de manejo, como se muestra en el ejemplo a continuación (Cuadro 12).

**Cuadro 12. Ejemplo de AMERB's de la Región de Valparaíso.**

Nombre AMERB	Imagen Referencial	Datos Generales				
Papudo		Coordenadas	32°	28' 071°	25'	
		A	55.99''	36.91''		
		B	55.99''	24.43''		
		C	16.70''	45.37''		
		Organización Admin.:	S.T.I Buzos y Pescadores Artesanales de Caleta Papudo			
		Especies Objetivo:	Loco, Lapa Negra, Lapa Rosada, Erizo, Chascón y Huiro Palo			
Estado:	Activa					

**Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Servicio Nacional de Pesca (2013).**

Sin embargo analizando la información obtenida, y contrastando los datos del oficio con la información digitalizada, se pudieron constatar algunas discordancias en casos como el que se ve en la Figura 15.



Figura 15. Ejemplo de AMERB con límites discordantes. Fuente: Datos del Servicio Nacional de Pesca, 2013.

En la imagen se puede distinguir una diferencia entre las Figuras trazadas, pudiendo dar cabida al cuestionamiento de cuál es el área de manejo que verdaderamente se encuentra inscrita y que para efectos de esta memoria de título deben ser consideradas. El resultado del análisis da cuenta de que es el área trazada por líneas amarillas la que debe ser tomada en cuenta, ya que son las áreas de manejo que SERNAPESCA considera como oficiales y que son objeto de fiscalización por parte de las autoridades. Lo que explica lo anterior es que las áreas trazadas de color verde son polígonos - trazados de forma manual - de las áreas de manejo originales que se solicitaron y que entraron a tramitación, pero que fueron inscritas tiempo atrás sin ayuda de ningún tipo de herramienta sistemas de información geográfica, por lo que no necesariamente coincidían con la realidad, y con el tiempo SERNAPESCA las modificó y corrigió dichos polígonos para que coincidieran de manera efectiva con la realidad territorial.

Por tanto, para efectos del desarrollo de la presente memoria de título, es que se consideraron las coordenadas de las AMERB que son fiscalizadas por las autoridades pertinentes y que han sido representadas en color rojo en la Figura 16.

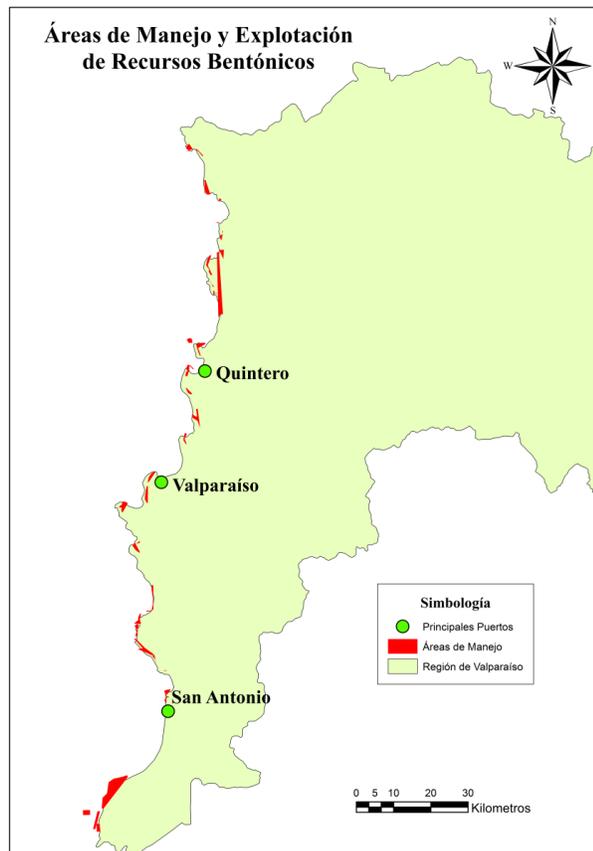


Figura 16. Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos en la Región de Valparaíso. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Servicio Nacional de Pesca, 2013.

A partir de ellas se determinó que las 42 AMERB decretadas, independiente del estado en el que se encuentren (si son activas, inactivas o ESBA), son áreas excluyentes para la instalación de proyectos de energía undimotriz, ya que de acuerdo a la normativa existente, no se permite ningún otro tipo de actividad en las zonas ya entregadas por decreto que no sea la de recuperación, mantención o aumento de los recursos bentónicos en el área. Por ello, para la concreción del objetivo general de la presente memoria de título, se establecieron los criterios que se indican en el Cuadro 13.

**Cuadro 13. Clasificación de aptitud para las AMERB's.**

Condición	Aptitud
Presencia	Excluyente
Ausencia	Apto

#### **Caletas y organizaciones de pescadores**

El Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura contempla dentro de los subsectores de la pesca, el subsector artesanal, correspondiente a aquel conformado por pescadores artesanales y sus respectivas embarcaciones, siempre y cuando se encuentren dentro del Registro Pesquero Artesana, el cual faculta a estos pescadores y sus embarcaciones a ser reconocidos como tales y por tanto, a realizar sus actividades de pesca artesanal, así como también les permite poder postular a otros proyectos y además a las áreas de manejo (SERNAPESCA, 2012).

A lo largo del país, la Subsecretaría de Marina reconocía al año 2009 un total de 454 caletas pesqueras artesanales, de las cuales las 78 principales representaban alrededor de un 95% del desembarque artesanal nacional. Dada la importancia de estas caletas dentro del sector pesquero es que dotar de infraestructura portuaria básica constituye un objetivo estratégico importante para el país, con el fin además de mejorar las condiciones en las que se desarrolla este sector, principalmente a raíz de las exigencias internacionales relacionadas con la trazabilidad de los productos - entendida como toda la línea de producción desde la captura de los individuos hasta que se entregan como productos a su destino final – las cuales cada vez son más altas (MOP, 2009).

Lo anterior se relaciona con el aumento en la participación de la pesca artesanal en el desembarque pesquero del país, por lo cual se ha provisto de infraestructura terrestre básica a dichas caletas productivas del país para que sean capaces de responder de manera adecuada a las exigentes demandas internacionales (MOP, 2009). El desembarque artesanal corresponde a la pesca que ha sido descargada en caletas, puertos o portones, por embarcaciones inscritas en el Registro Pesquero Artesanal, recolectada por pescadores artesanales (SERNAPESCA, 2012).

El Decreto Supremo N°240 de 1998 fijó la norma oficial de caletas de pescadores artesanales, ello con el fin de determinar los lugares de la costa que serán utilizados de manera permanente por este tipo de pescadores para sus actividades, así como para hacer más eficiente la asignación de recursos fiscales para acudir en su apoyo e impedir una posible proliferación inorgánica de pescadores artesanales (D.N°240/1998).

Cabe destacar también que en la Política Nacional de Uso de Borde Costero (PNUBC) se establecen las caletas de pescadores artesanales como usos preferentes y a la vez, para mejorar el aprovechamiento del borde costero del litoral, se definen como usos relevantes, las cuales generalmente corresponden a caletas y centros de desembarque de pescadores artesanales (D.S.N°475/1994).

Recientemente – en Enero de 2014 – se modificó el Decreto 240 por el Decreto Supremo N°632, el cual en el artículo N°1 fijó la nómina oficial de caletas de pescadores artesanales de carácter permanente que se sitúan en el borde costero del litoral de la República (D.N°240/1998). A partir de lo anterior, en la Región de Valparaíso se establecieron las caletas de pescadores artesanales que se indican en el Cuadro 14.

Para efectos de la presente memoria de título, se deben excluir del listado la caleta Juan Fernández ubicada en la provincia de Valparaíso y las caletas Hanga Roa, Hanga Pico, Vaihu, Laperouse y Hotuiti ubicadas en la provincia de Isla de Pascua, totalizando seis.

**Cuadro 14. Nómina de caletas de pescadores artesanales en la Región de Valparaíso.**

Provincia	Comuna	Caleta
Petorca	La Ligua	Los Molles Pichicuy
	Papudo	Papudo La Ligua
	Zapallar	Zapallar
Valparaíso	Puchuncaví	Maitencillo Horcón Ventanas
	Quintero	Loncura El Manzano Embarcadero Papagallo

(continúa)

Provincia	Comuna	Caleta
Valparaíso	Concón	San Pedro Higuerilla
	Viña del Mar	Montemar
	Valparaíso	Portales Juan Fernández Sudamericana Membrillo Laguna Verde
Valparaíso	Casablanca	Quintay
Isla de Pascua	Isla de Pascua	Hanga Roa Hanga Pico Vaihu Laperouse Hotuiti
San Antonio	Algarrobo	Algarrobo
	El Quisco	El Quisco
	El Tabo	Las Cruces
	Cartagena	Cartagena
	San Antonio	Pacheco Altamirano Puertecito Río Maipo
	Santo Domingo	Caleta Playa Mostazal

**Fuente: Ministerio de Economía, Fomento y Turismo; Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, 2014.**

El Gobierno Regional de Valparaíso en el resumen ejecutivo de la propuesta para la macrozonificación público-privada del borde costero, ha definido las Zonas de Pesca Artesanal (ZPA) como aquellos espacios utilizados por la pesca artesanal para sus labores habituales (caletas artesanales y actividades asociadas), además de las áreas correspondientes a viviendas y equipamiento complementario de los asentamientos de pescadores artesanales que se ubiquen en terrenos fiscales, o que estén considerados en las nóminas oficiales (GORE Valparaíso, 2012b).

A partir del estudio de casos internacionales se llegó a la conclusión de que si bien no existen restricciones de manera directa respecto al uso del borde costero en relación a las zonas de pesca artesanal, si se habla de una especie de uso condicionado del borde costero ya que aun cuando no existen restricciones administrativas ni técnicas que prohíban la instalación de diversos tipos de dispositivos undimotrices, se espera generar un diálogo con los pescadores de las caletas que de una manera u otra se pudieran ver afectados por el funcionamiento de estos equipos.

Por tanto si bien no existe un criterio técnico establecido, se fijó un criterio único para todas las caletas por igual, el cual consistió en generar un buffer de 2 km alrededor de cada caleta, considerando que es la distancia máxima dentro de la cual se tiene visualización del mar. Por ello, se estimó que 2 km son suficientes tanto al considerar la extensión sobre la tierra en la cual se desenvuelven principalmente los recolectores de orilla y los buzos mariscadores, así como la distancia desde la línea de costa hacia el mar, que prácticamente es la distancia que recorren los pescadores artesanales para llegar a los puntos a partir de los cuales realizan efectivamente las extracciones de recursos.

El resultado del criterio antes expuesto se puede ver en la Figura 17, por lo tanto y a partir de ello, los territorios que quedan dentro de los buffer serán considerados excluyentes para el desarrollo de proyectos undimotrices, mientras que los que quedan fuera de los buffer serán considerados territorios aptos para el desarrollo de los proyectos. Haciendo hincapié como se dijo anteriormente, que si bien no existen limitaciones técnicas ni administrativas que prohíban el uso condicionado de los territorios, se busca evitar cualquier oposición ciudadana proveniente de los mismos pescadores artesanales quienes podrían verse amenazados por el funcionamiento y/o mantención de los dispositivos.

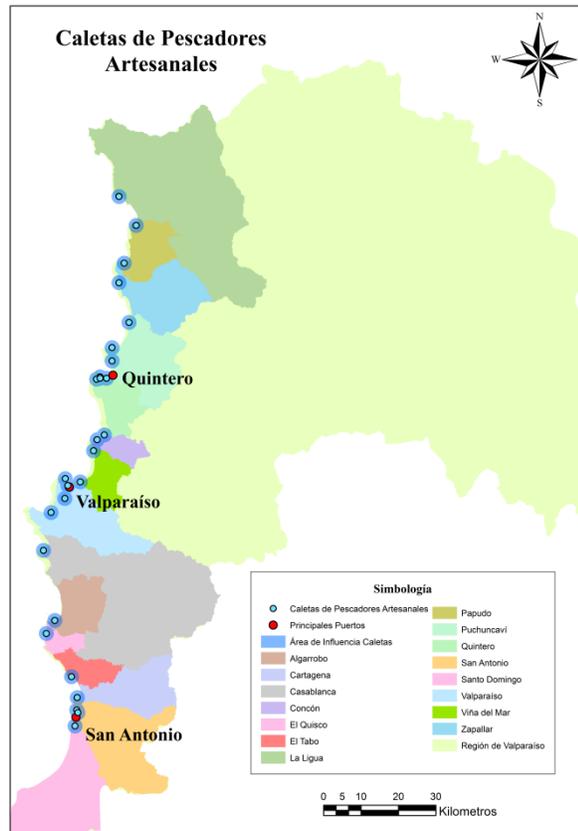


Figura 17. Zonas destinadas al uso de pescadores artesanales. Fuente: Elaboración propia a partir de datos aportados por el Gobierno Regional de Valparaíso, 2013.

Se puede apreciar a partir del mapa que si bien existe una gran cantidad de caletas de pescadores artesanales a lo largo de la Región, éstas tienden a concentrarse en general en algunos sectores como:

- San Antonio, Cartagena.
- El Tabo y el Quisco.
- Viña del Mar, Concón, Quintero.

### Concesiones de acuicultura

El Reglamento de Concesiones y Autorizaciones de Acuicultura define esta actividad como aquella cuyo objetivo es producir recursos hidrobiológicos de manera organizada por el hombre. De esta forma, en el mismo decreto una concesión de acuicultura se define como *“el acto administrativo mediante el cual el Ministerio de Defensa Nacional otorga a una persona, natural o jurídica, los derechos de uso y goce, por el plazo de 25 años renovables, sobre determinados bienes nacionales, para que realice en ellos actividades de acuicultura”* (D.S.N°202/2010). Además, se establece que esta concesión busca que se puedan realizar actividades de acuicultura en el área que se conceda de la especie

hidrobiológica o grupos de estas especies que se indican en la resolución que se entregue, permitiendo a los titulares desarrollar las actividades necesarias para ello, inclusive la construcción de obras como muelles, atracaderos u otras, previa autorización correspondiente (D.S.N°202/2010).

En el artículo N°67 de la Ley N°18.892, Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), se indica que en las siguientes áreas relacionadas con el mar podrán existir concesiones de acuicultura para actividades acuícolas: áreas de playa de mar, terrenos de playas fiscales, porciones de agua y fondo, y rocas, dentro y fuera de las bahías. Para ello, es el Ministerio de Defensa Nacional quien por medio de la SSFFAA (Subsecretaría para las Fuerzas Armadas) otorga toda concesión de acuicultura dictando una resolución (a personas naturales y jurídicas) sobre cualquiera de las siguientes áreas: playa, terrenos de playas fiscales, porción de fondo y porción de agua, para que se puedan realizar actividades de acuicultura (Ley N°18.892/1989).

Si bien a partir de la revisión de casos internacionales, las concesiones de acuicultura son una variable que debe ser considerada como una restricción para la instalación de proyectos de energía undimotriz, en la Región de Valparaíso no existe ningún tipo de concesión de acuicultura otorgada por la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, por lo que tampoco existen registros de ello en el Ministerio de Defensa Nacional.

Por tanto para efectos prácticos del desarrollo de esta memoria de título, la variable concesiones de acuicultura no tiene ningún efecto relevante en área de estudio y por tanto, tampoco en la determinación de sitios para el desarrollo de proyectos de energía undimotriz.

### **Concesiones marítimas**

El Reglamento de Concesiones Marítimas en el artículo N°23 define que *“son concesiones marítimas las que se otorgan sobre bienes nacionales de uso público o bienes fiscales cuyo control, fiscalización y supervigilancia corresponden al Ministerio<sup>35</sup>, cualquiera sea el uso a que se destine la concesión y el lugar en que se encuentren ubicados los bienes”* (DIRECTEMAR, 2009). Del mismo modo, se indica que será el mismo Ministerio quien *“podrá otorgar el uso particular de los bienes nacionales de uso público o bienes fiscales, cuyo control, fiscalización y supervigilancia le corresponde, mediante decreto supremo de concesión marítima [...]”*.

Por tanto, es el Ministerio de Defensa quien podrá destinar los bienes fiscales y bienes nacionales de uso público sometidos a su cuidado. Dichas destinaciones sólo permanecerán en vigencia siempre y cuando se cumpla con el objetivo de las mismas, y será la autoridad marítima la encargada de fiscalizar su uso debido y el empleo que se le dé a los bienes destinados.

---

<sup>35</sup> Ministerio de Defensa.

En el Reglamento de Concesiones Marítimas se indica que para que las concesiones sean otorgadas y tramitadas, se clasifican considerando el plazo de duración – que no podrá ser superior a 50 años – y la cantidad de capitales que se destinen a invertir en ellas, en:

- Concesión marítima mayor:
  - Plazo de otorgamiento superior a los 10 años.
  - Inversión superior a las 2500 UTM.
- Concesión marítima menor:
  - Plazo de otorgamiento entre 1 y no más de 10 años.
  - Inversión igual o inferior a las 2500 UTM.
- Permiso o autorización:
  - Es de escasa importancia y de carácter transitorio
  - Su plazo no excede al año.
- Destinación:
  - Es otorgada por el Ministerio a servicios fiscales, para cumplir con un objetivo determinado.

Para evitar algún tipo de conflicto por otros usos del mar, cada concesión marítima es otorgada a un área determinada. Para mayor información respecto a las concesiones marítimas, Apéndice 3.

Para el caso de instalación de proyectos de energía undimotriz se podrían solicitar concesiones marítimas en cuatro superficies según sea el caso: terrenos de playa, playa de mar, porción de agua o fondo marino (Figura 6). A partir de lo anterior, se podrían solicitar dos tipos de concesiones marítimas: por una parte una concesión marítima mayor, tanto por el plazo establecido como por los montos de inversión estipulados o una destinación, considerando que si se cuenta con el apoyo de alguna entidad de gobierno se podría considerar que la actividad se asocie a algún tipo de servicio fiscal.

Dentro de las recomendaciones para la Estrategia para el Desarrollo de las Energías Marinas en Chile (Aguatera, 2014), se indica que si bien existe un buen marco regulatorio, no existe una claridad absoluta respecto al otorgamiento de permisos de explotación de sitios para la energía marina, ya que los desarrolladores de tecnologías chilenas que ya han probado e instalado algún tipo de dispositivo han utilizado concesiones marítimas temporales, pero es sólo mientras no existe alguna certeza absoluta respecto al tema, más aun cuando se está frente a la posibilidad de que se genere una transferencia de competencias en relación a las concesiones marítimas desde la SSFFAA (del Ministerio de Defensa Nacional) hacia el Ministerio de Bienes Nacionales. Ya que el proceso de solicitud de concesiones marítimas es relativamente expedito, es importante asegurar ciertas concesiones marítimas para los proyectos de energías marinas con el fin de impedir la especulación que se podría generar en torno al tema, en donde podrían ser solicitadas concesiones que no se utilicen correctamente en relación al motivo por el cual fueron pedidas.

### Parques y reservas marinas

Las áreas protegidas son una de las formas más comunes de conservación, ya que constituyen áreas en las que existen ecosistemas terrestres y/o marinos donde se conservan los recursos naturales y la diversidad biológica, así como las características culturales que puedan estar asociadas a ellos. Por tanto, son áreas que se encuentran definidas geográficamente y que han sido designadas de manera legal. Sin embargo, los espacios marinos y costeros se han desarrollado de menor manera que los terrestres y su protección se ha orientado más bien en lo que respecta al fomento productivo y la conservación de recursos pesqueros (MMA, 2011).

En el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) se definen las áreas bajo protección oficial como *“cualquier porción de territorio, delimitada geográficamente y establecida mediante acto de autoridad pública, colocada bajo protección oficial con la finalidad de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza y conservar el patrimonio ambiental”* (D.S.N°95/2001).

Dentro del Sistema de Áreas Protegidas de Chile existen áreas del patrimonio ambiental bajo protección oficial, también consideradas áreas protegidas para la protección de la biodiversidad. Entre ellas se encuentran Parques Nacionales, Reservas Nacionales, Monumentos Naturales, Santuarios de la Naturaleza, Bienes Nacionales Protegidos, Parques Marinos, Reservas Marinas, Áreas Marinas Costeras Protegidas, Sitios Ramsar y Reservas de la Biósfera (MMA, 2011).

Sólo serán consideradas las áreas protegidas que se encuentren en el sector costero de la Región de Valparaíso (tampoco fueron consideradas las áreas protegidas que puedan existir en la Isla de Pascua ni en el archipiélago de Juan Fernández). Por tanto, se ha elaborado el siguiente listado:

#### Cuadro 15. Áreas protegidas en las costas de la Región de Valparaíso.

Área Protegida	Nombre
Monumento Natural	Isla Cachagua
Área Marina Costera Protegida (AMCP)	Las Cruces
Sitio Ramsar	El Yali

**Fuente: Elaboración propia en base a Proyecto GEF, 2014.**

Para el caso de los Monumentos Naturales, estos por definición corresponden a áreas para preservar muestras de ambientes naturales, rasgos culturales y escénicos asociados a estos, que sean en la medida de lo posible compatibles con la realización de actividades recreativas, educativas o investigativas (MMA, 2011).

En la Región de Valparaíso existe el Santuario de la Naturaleza Isla Cachagua que se encuentra frente al balneario del mismo nombre y que se encuentra separado de la costa

sólo por 100m. En los roqueríos existe una gran diversidad de plantas marinas que forman praderas pequeñas con algas *Ceramium* sp., algas rojas, algas verdes y luche. La isla también alberga colonias de pingüinos de Humboldt durante diversos períodos del año, representando un 15% de la población nacional de estos pingüinos, además de ser una de las principales áreas de reproducción y nidificación de esta especie a nivel nacional. También alberga a diversas especies de aves marinas que la utilizan como un lugar de alimentación, reproducción y descanso, y de animales como el chungungo actualmente en categoría de conservación vulnerable (CMN, 2013).

Las Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiples Usos (AMCP-MU) son espacios que incluyen fondo marino, porciones de agua, playas y terrenos de playa fiscales, rocas, flora y fauna entre otros que la ley reserva para proteger parte del medio delimitado o su totalidad. Se utilizan principalmente para conservar la biodiversidad, reducir los conflictos de uso y proteger especies marinas en peligro, así como para generar instancias de educación e investigación entre otras. Su administración corresponde a administradores público-privados y participa el Gobierno Regional pertinente así como entidades sin fines de lucro (MMA, 2011).

En la Región de Valparaíso existe el Área Marina Costera Protegida Las Cruces, la cual se encuentra en el sector del borde costero de las cruces en la comuna de el Tabo y fue creada para contribuir en la conservación del área considerando que se encuentra en una zona donde el borde costero presenta una gran intensidad de uso, que se encuentra sometida a presiones por parte de actividades de la pesca artesanal y además, a la presión que ejerce la población flotante que se desplaza a la zona durante épocas estivales. Esta área se encuentra actualmente otorgada por medio de una concesión marítima a la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC) con fines investigativos para recursos marinos costeros, para lo cual fue creada la Estación Costera de Investigaciones Marinas (ECIM) de la PUC (D.S.N°107/2005).

La Convención Ramsar (o Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional) es un tratado intergubernamental cuyo fin es la conservación de los humedales y sus recursos así como su uso racional. Estas áreas son importantes porque entre otras cualidades, contribuyen en la regulación de los regímenes de agua, así como en la conservación de la flora y fauna característica al entorno. El principal objetivo es proteger y preservar a las aves acuáticas que habitan en ellos o a las que por fenómenos migratorios pernoctan de manera temporal (MMA, 2011). En la Región de Valparaíso también existe el Humedal El Yali, en la comuna de Santo Domingo.

Debido a que en los tres casos antes señalados se trata de áreas bajo protección legal oficial, todos con fines de conservación y preservación de la biodiversidad, son áreas que no pueden ser utilizadas con otros fines. Los proyectos de energía undimotriz si bien podrían caber dentro de la categoría de instancias que podrían coexistir con estos sitios (como educación e investigación) no lo son dentro de los aspectos ni del área de la conservación de la biodiversidad, por lo que las tres áreas (Isla Cachagua, AMCP Las Cruces y el Humedal el Yali) son áreas restrictivas para la instalación de proyectos undimotrices.

### Rutas marítimas

Las rutas marítimas están establecidas a lo largo de todo el mundo. Estas rutas dependen de varios factores como las líneas de costa, las condiciones oceanográficas, la existencia de pasos naturales y la distancia entre puertos, entre otros aspectos. En Chile, las principales rutas marítimas se encuentran establecidas entre el puerto de Arica y los puertos de Valparaíso y San Antonio, incluyendo además otros puertos como el de Ventanas, Talcahuano y Coronel. Si bien en la actualidad no existe una legislación chilena sobre las rutas marítimas, son rutas que son utilizadas y definidas más bien por las frecuencias de uso.

Para efectos de la presente memoria de título, los conos de aproximación de cada uno de los puertos principales de la región han sido considerado como parte de las zonas restringidas para la instalación de proyectos de energía undimotriz. Lo anterior porque son sectores delimitados que no pueden ser bloqueados por ningún tipo de estructura. A continuación se presenta un mapa referencial (Figura 18) con dos de los principales puertos de la región (el puerto de Quintero y el puerto de Valparaíso) con el fin de que se puedan distinguir las zonas asociadas al tráfico marítimo (conos de aproximación) y que han sido consideradas dentro de las zonas de restricción para la instalación de los proyectos de energía undimotriz.

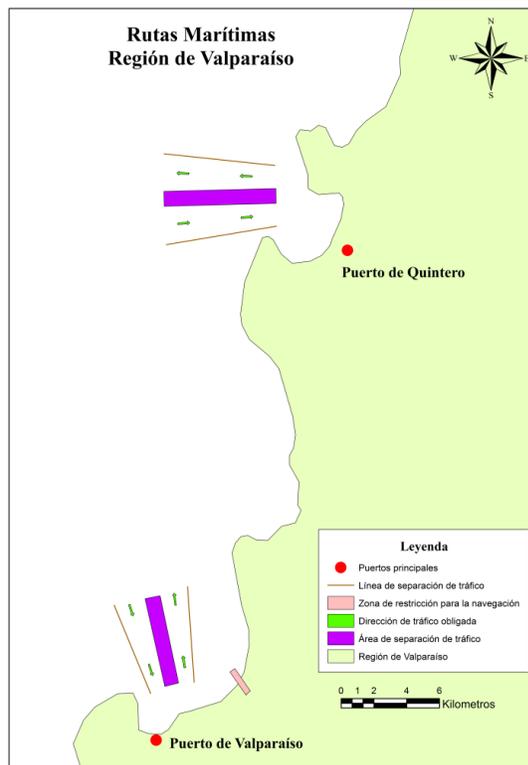


Figura 18. Zonas destinadas al tráfico marítimo. Fuente: Gobierno Regional de Valparaíso, 2012b.

Como se puede apreciar en la figura anterior, las zonas representadas con color morado corresponden a áreas de separación de tráfico, que permiten realizar una separación para el tráfico de entrada y de salida de los puertos. Luego se pueden apreciar flechas de color verde que indican la dirección obligada de tráfico. Desde la perspectiva de la costa hacia mar adentro, el sector derecho permite el tráfico de salida desde el puerto, mientras que el sector izquierdo (visto desde la misma perspectiva) permite el tráfico de entrada al puerto. De la misma manera se señala la línea de separación de tráfico como una línea referencial y finalmente, zonas de restricciones para la navegación según las distintas necesidades de los puertos.

### **Rutas migratorias**

Debido a que el desarrollo de las energías marinas en el mundo aún se encuentra en una etapa de prueba de proyectos piloto, aun no hay una certeza absoluta respecto a los efectos que los distintos tipos de dispositivos podrían generar sobre el medio ambiente marino. Sin embargo, dentro de los impactos ambientales que actualmente están en estudio a nivel mundial se encuentra la emisión de ruidos y/o vibraciones y/o campos electromagnéticos que en teoría podrían afectar a individuos de fauna marina que utilizan vibraciones y sonidos para la localización de alimentos y para su navegación. Estos efectos se podrían producir principalmente durante la etapa de construcción y puesta en marcha de los dispositivos (Errázuriz y Asociados, 2012).

Los mamíferos marinos se desplazan a lo largo de zonas bajo la jurisdicción de muchos países, ello principalmente porque su presencia en ellos es más bien estacional, ya que estos individuos necesitan de grandes espacios para llevar a cabo todas las etapas de su desarrollo biológico, al buscar condiciones ambientales específicas para cada una de sus etapas (Félix, 2012).

Debido a lo antes mencionado, los esfuerzos deben estar concentrados en aumentar los actuales conocimientos sobre las rutas migratorias de grandes mamíferos marinos como las ballenas, que eventualmente se pudieran ver afectadas por la instalación de este tipo de proyectos de generación de energía undimotriz. Actualmente el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) se encuentra desarrollando el proyecto “Life Web” el cual tiene por objetivo principal lograr la “Planificación espacial marina a gran escala de corredores marinos y áreas protegidas de mamíferos en el Gran Caribe y en el Pacífico Noreste y Sureste”. Este proyecto también busca apoyar la puesta en práctica de otros planes de acción referentes a mamíferos marinos de convenios regionales establecidos como el Convenio de Cartagena para el Gran Caribe y el Convenio de Lima para el Pacífico Sureste (Félix, 2012).

El Pacífico este (u oriental) comprende alrededor de 20 millones de kilómetros cuadrados entre zonas económicas exclusivas, aguas territoriales y territorios insulares distribuidos entre trece países, uno de ellos Chile. Debido a que estos mamíferos marinos poseen gran movilidad y requieren de mucha disponibilidad de espacios oceánicos para poder vivir sus etapas de desarrollo biológico, su distribución es estacional y se da a lo largo de zonas de

jurisdicción de muchos países, por lo que no se pueden definir territorios exactos entre los que se desenvuelvan (Félix, 2012). Para mayor información respecto a las ballenas incluidas en el proyecto, Apéndice 4.

Actualmente se han sugerido efectos importantes sobre grandes mamíferos marinos que utilizan sonidos y vibraciones para su traslado y navegación, así como también para buscar su alimentación. Por ello, se analizaron principalmente las rutas migratorias de estos grandes cetáceos por la Región de Valparaíso, concluyendo que si bien anualmente existen avistamientos de estos mamíferos, no se ha podido definir una ruta específica para cada especie. Aun cuando ha habido algunos intentos por georreferenciar a algunos individuos y se han podido establecer potenciales rutas migratorias de éstos, no existen antecedentes suficientes para determinar alguna ruta en particular de cualquiera de las especies señaladas en el apartado anterior, ya que no se cuenta con un universo muestral suficiente para ello.

Para el caso de las aves, no se han demostrado efectos sobre éstas ya que habitualmente el diseño de los dispositivos resulta atractivo para algunas aves que los pueden utilizar como “boyas” sobre las cuales se pueden detener y permanecer sobre ellas por algún período de tiempo, sin que esto las afecte de ninguna manera en particular. Por lo anterior, y para efectos del desarrollo de la presente memoria de título, la variable rutas migratorias quedará como un aspecto a considerar a futuro pero no como una condicionante restrictiva a la instalación de proyectos de energía undimotriz, al menos mientras no se cuente con la información específica que corresponda.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Zonificación por aptitud**

Una vez analizadas todas las variables antes señaladas, se procedió a distinguir tres áreas contenidas dentro de la batimetría de 100 m en las costas de Valparaíso: áreas restringidas, áreas condicionadas y áreas aptas. Las áreas restringidas se conformaron considerando las siguientes variables: Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERB), Zonas para la Conservación de la Naturaleza (ZCN) y Zonas Portuarias (ZP). Estas zonas fueron consideradas restrictivas para la instalación de proyectos de energía undimotriz, ya que se han establecido para un uso exclusivo (que se ha mencionado en el apartado “Análisis de Variables”) y su finalidad no es compatible con los proyectos. Estas áreas se pueden apreciar en la Figura 19.

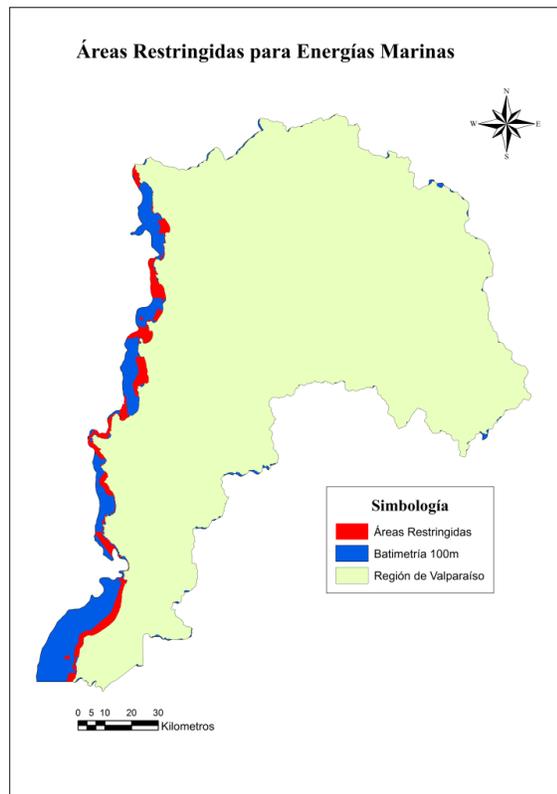


Figura 19. Áreas restringidas para proyectos de energía undimotriz.

Posteriormente se identificaron las áreas condicionadas, que están compuestas por todas las zonas de influencia de las caletas de pescadores artesanales de la región. Estas zonas han sido definidas como condicionadas, ya que si bien no corresponden a restricciones para la instalación de proyectos de energía undimotriz, si requieren de un trabajo colaborativo con los gremios y sindicatos de pescadores, con el fin de lograr una participación efectiva de éstos y que se involucren con los proyectos, desde las instancias previas a la instalación de los dispositivos hasta el funcionamiento de los mismos. Estas áreas se pueden apreciar en la Figura 20.

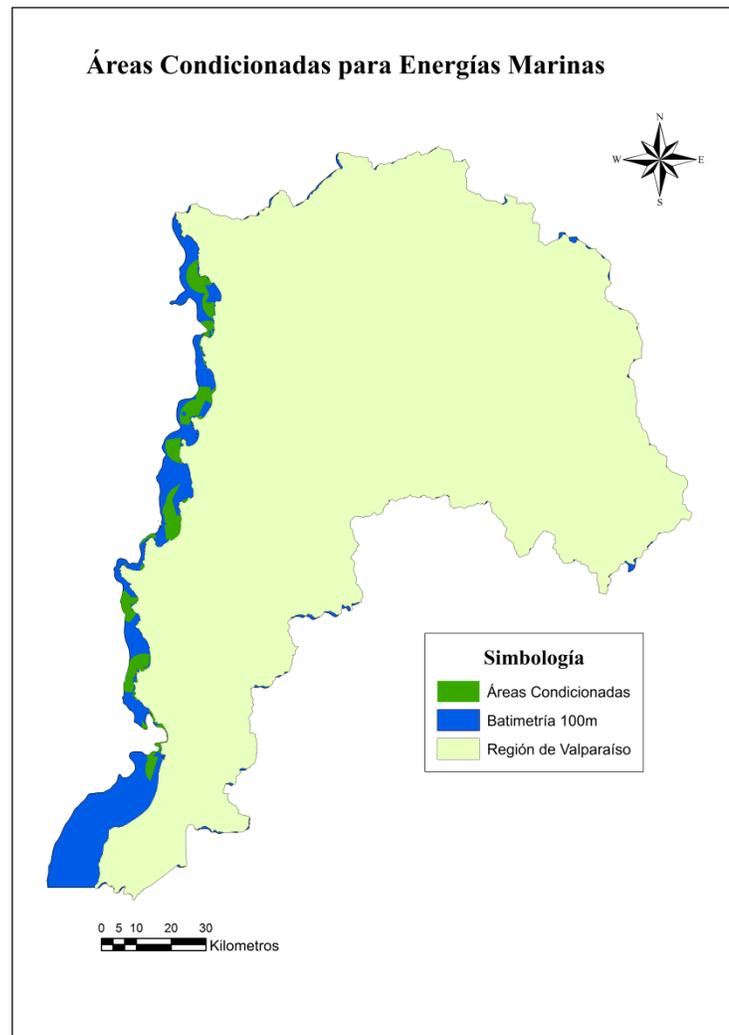


Figura 20. Áreas condicionadas para proyectos de energía undimotriz.

A continuación, se superpusieron las áreas restringidas a las áreas condicionadas, con el fin de identificar los sitios condicionados que no están sujetos a restricción, como se puede ver en la Figura 21. El resto de la superficie, corresponde a sitios aptos para la instalación de proyectos de energía undimotriz, ya que no tendrían ningún tipo de restricción técnica ni administrativa, y tampoco se verían condicionadas por la participación de las organizaciones de pescadores artesanales. En la siguiente Figura, las zonas marcadas con color azul son aquellas que han sido identificadas como zonas aptas para la instalación de proyectos de energía undimotriz, las zonas verdes están condicionadas por la presencia de caletas de pescadores artesanales, y las zonas rojas como habíamos determinados, no son aptas para este tipo de proyectos.

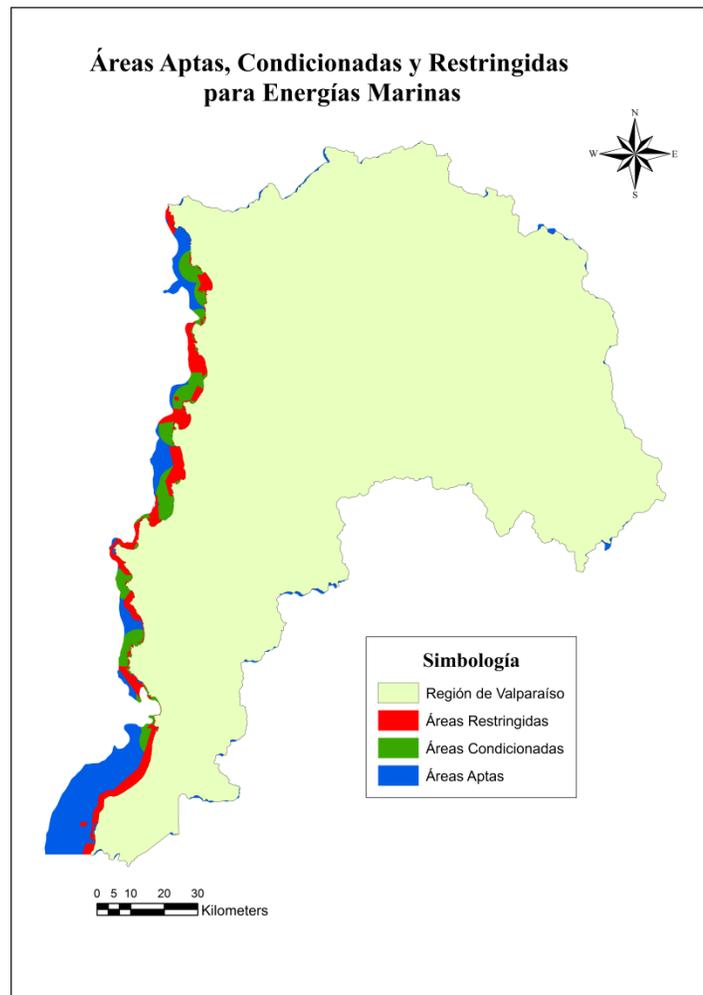


Figura 21. Zonificación por aptitud para proyectos de energía undimotriz.

### Análisis de influencia de infraestructura

Una vez identificadas las áreas aptas para la instalación de proyectos de energía undimotriz, se procedió a incorporar dos criterios para la identificación de los sitios prioritarios para el desarrollo de los proyectos: la cercanía a puertos y la cercanía a subestaciones eléctricas (ver Figura 24). Para ello, se consideró un área de influencia de 10 km alrededor de cada puerto y de cada subestación eléctrica, lo anterior como ya se explicó previamente, debido a que una distancia mayor que esa implicaría costos demasiado elevados que hacen menos

rentable la instalación de los proyectos. Como se puede ver en la siguiente Figura, las zonas marcadas con un entramado punteado de color morado corresponden al área de influencia de 10 km de los principales puertos de la región y las zonas marcadas con un entramado de líneas de color rojo corresponden al área de influencia de las subestaciones eléctricas emplazadas a menos de 10 km de la zona costera.

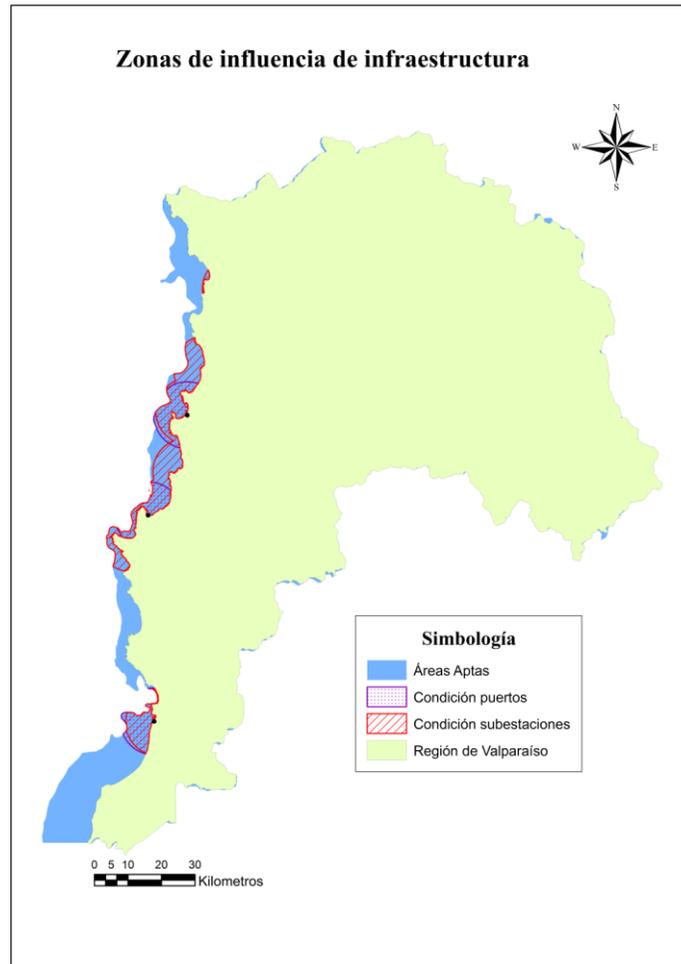


Figura 22. Zonas de influencia de puertos y subestaciones eléctricas. Fuente: Elaboración propia.

Una vez hecha la zonificación por aptitud y la identificación de las zonas de influencia de puertos y subestaciones eléctricas, se procedió a superponerlas con el fin de identificar las zonas con mayor aptitud que además se encontraran dentro de las zonas de influencia definidas como prioritarias para la instalación de proyectos de energía undimotriz. El resultado de lo antes descrito se puede ver en la Figura 23. En ella, se mantuvieron los

mismos colores que en la Figura 21, pero éstos fueron atenuados para poder visualizar mejor los resultados.

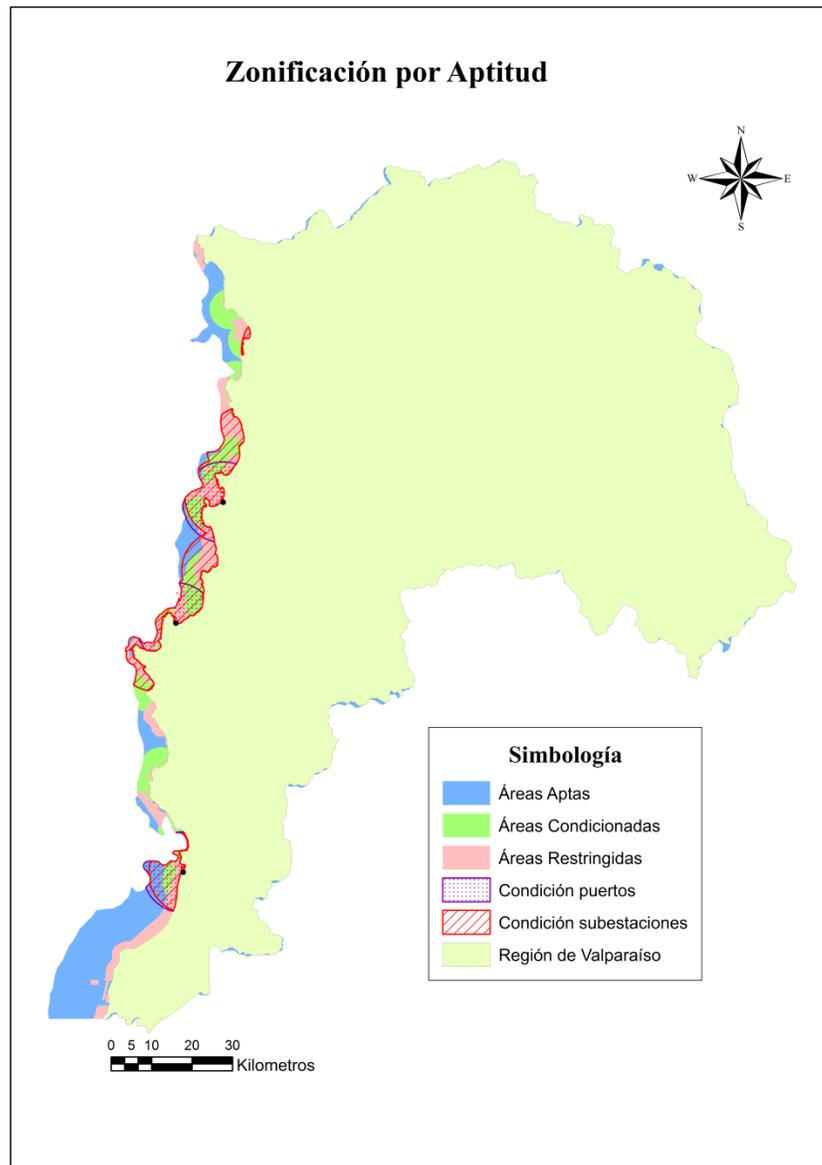


Figura 23. Zonificación por aptitud.

Por tanto, se identificaron como prioritarias aquellas zonas donde no haya restricciones, y que además, se encuentren dentro del área de influencia de 10 km de puertos y subestaciones eléctricas. A partir de lo anterior, en la Figura 24 se puede apreciar la identificación de 7 zonas priorizadas: dos en las cercanías al puerto de Quintero, tres en las cercanías al puerto de Valparaíso y dos en las cercanías al puerto de San Antonio. Además,

se identificó una octava área hacia el límite norte de la Región que si bien no cumple con las condiciones de estar dentro del área de influencia de la infraestructura de subestaciones y puertos, también puede ser viable bajo otras condiciones que serán explicadas más adelante.

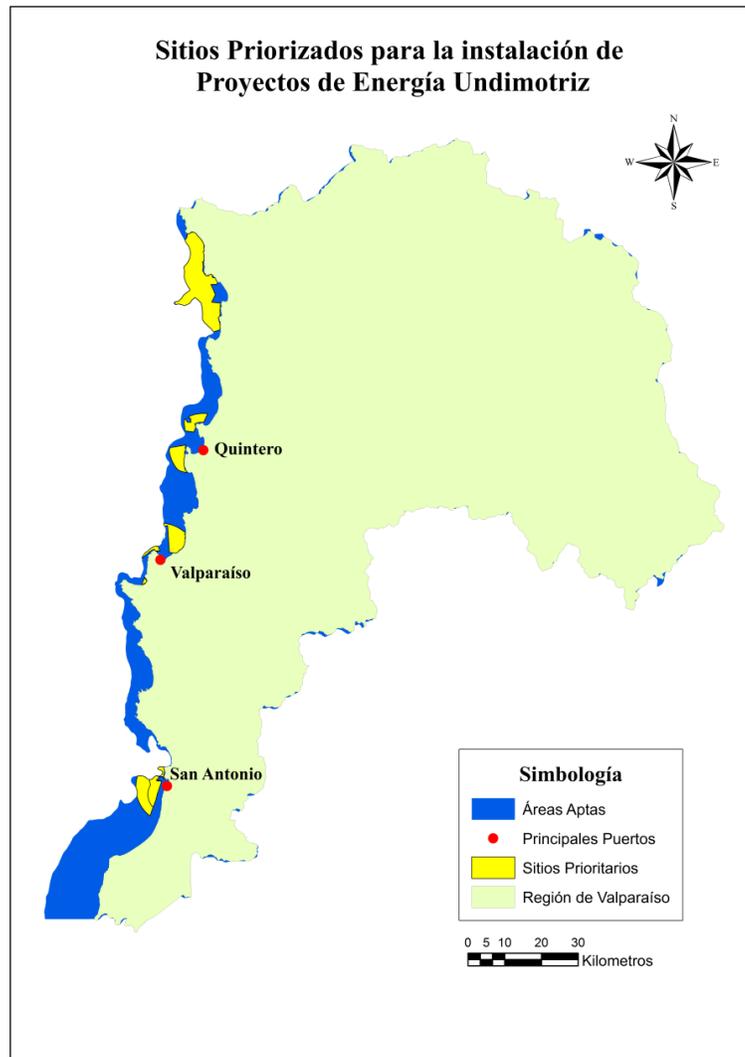


Figura 24. Sitios priorizados para el desarrollo de proyectos de energía undimotriz. Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestran en detalle las siete áreas señaladas anteriormente, en donde el color azul representa las áreas aptas:

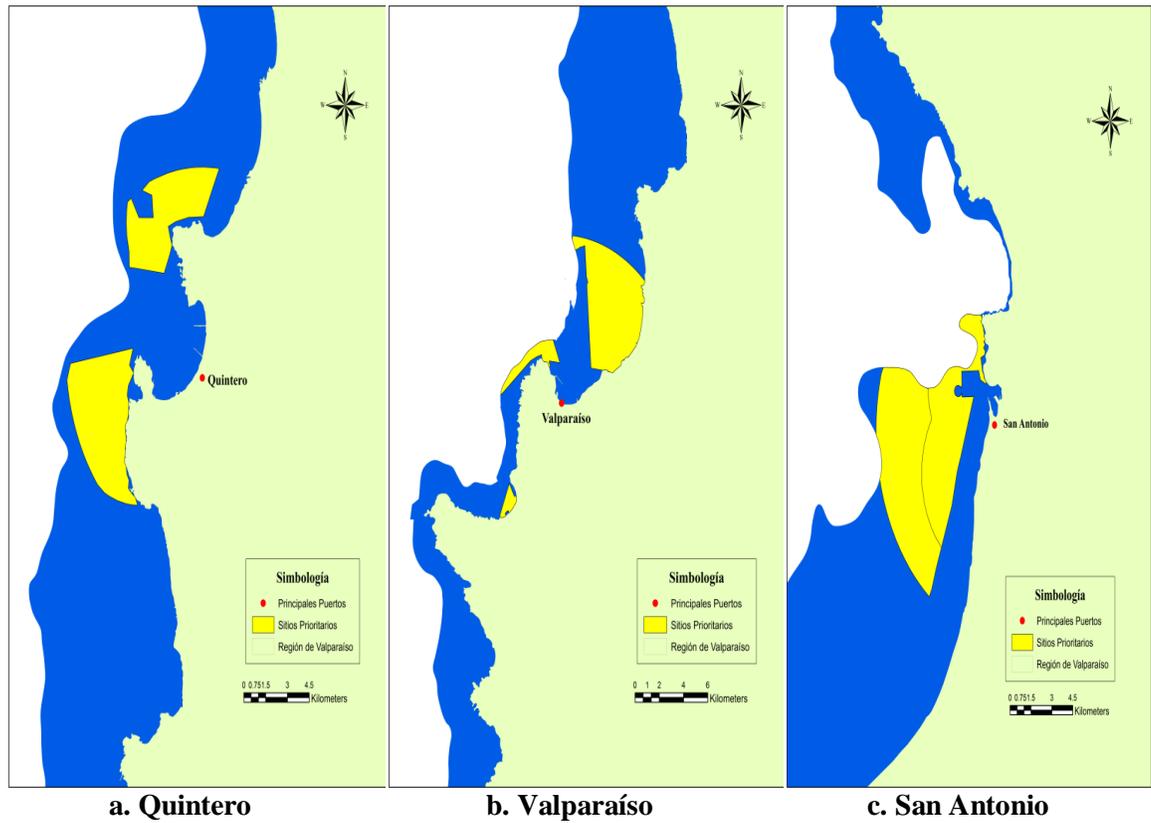


Figura 25. Detalle de las zonas priorizadas para el desarrollo de proyectos de energía undimotriz.

Como se puede apreciar en la Figura 25, la mayor superficie disponible para la instalación de proyectos se encuentra en los sectores de Quintero y San Antonio. En el siguiente apartado se procede a realizar la descripción de cada uno de los sitios antes señalados, incorporando los antecedentes relacionados con el potencial de olas que no fue descrito en el apartado “Potencial del Recurso”.

### **Descripción de las zonas priorizadas**

A continuación se describen las principales características de los sitios: ubicación, acceso vial, principal puerto cerca, principales subestaciones cerca, cercanía a centros poblados, bajo qué condiciones se encuentra y algunas observaciones en caso de ser necesario. Además, se incluye una imagen ampliada de los sitios por zonas donde se incluyen las condiciones de infraestructura (cercanía a puertos y subestaciones eléctricas), las zonas restringidas y las zonas condicionadas. Para ello, los colores han sido atenuados con el fin de facilitar el entendimiento de la imagen y además, se han incluido distintos tipos de grillas que permitan una superposición entre éstas donde se puedan distinguir los sitios que se encuentran bajo el área de influencia de ambas.

## Quintero

Los sitios ubicados en las cercanías a Quintero son dos y se pueden ver en la Figura 26.

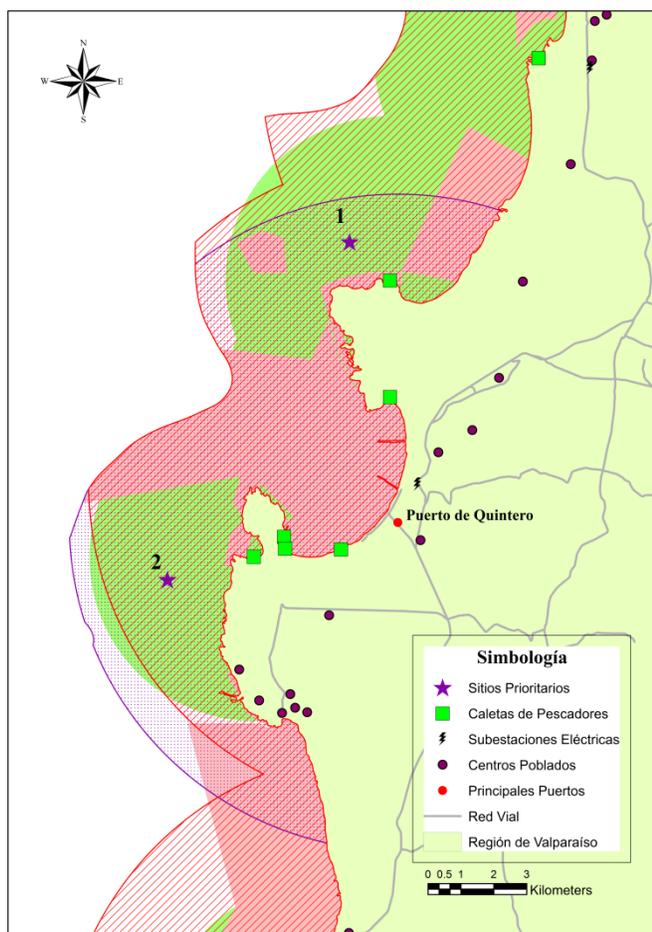


Figura 26. Análisis de sitios priorizados en Quintero.

Se puede observar a partir de la Figura N°26 que los sitios priorizados son dos. Uno de ellos (N°1) se encuentra frente a las costas de la comuna de Puchuncaví y el otro (N°2) frente a las costas de la comuna de Quintero.

### Sitio N°1

Este sitio se encuentra dentro del área de influencia del puerto de Quintero y de las subestaciones Ventana (de AES GENER) y Marbella (de CGE Transmisión). Tiene buena accesibilidad vial por medio de caminos principales (de pavimento). Se ubica frente a las costas de la comuna de Puchuncaví, cerca de las localidades de Puchuncaví y Campiche. Por otra parte, se encuentra dentro de sitios que han sido definidos como condicionados por

la presencia de caletas de pescadores artesanales (Horcón y Ventanas) pero que no poseen ningún tipo de restricción técnica ni administrativa.

### Sitio N°2

Este sitio se también se encuentra dentro del área de influencia del puerto de Quintero. A su vez, se encuentra dentro del área de influencia de la subestación Ventana (de AER GENER). Tiene buena accesibilidad vial por medio de caminos principales (de pavimento). Se ubica frente a las costas de la comuna de Quintero, cerca de las localidades de Los Maitenes, Quintero, Ritoque y Valle Alegre. Por otra parte, se encuentra dentro de los sitios que han sido definidos como condicionados por la presencia de caletas de pescadores artesanales (Loncura, El Embarcadero y El Papagallo).

Estableciendo una comparación entre ambos sitios priorizados, si bien ambos reúnen características similares, el sitio N°2 ha sido considerado con una mayor aptitud para la instalación de proyectos de energía undimotriz ya que como se puede apreciar en la Figura 26, este sitio tiene acceso directo por el sector de la costa sin ningún tipo de restricción más que el condicionamiento establecido por las áreas de influencia de las caletas de pescadores artesanales, mientras que para acceder al sitio N°1, además de tener la misma condición antes señalada para el sitio N°2, se debe pasar por sobre un área restrictiva. Lo anterior es de vital importancia, ya que dependiendo del tipo de dispositivo que se pretenda instalar, para llevar el cableado necesario para recoger la energía generada por los dispositivos, se debe pasar por áreas de restricción y para ello, se debe elaborar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), por tanto, el desarrollo de los proyectos estaría condicionado además, por dicho estudio. Es decir, aun cuando el sitio N°1 reúne las condiciones necesarias desde el punto de vista de las variables analizadas a lo largo de este documento, es menos prioritario que el sitio N°2, que además de reunir las ventajas mencionadas en el análisis de variables, tiene una mayor accesibilidad lo cual facilita las actividades de instalación, mantención y accesibilidad.

## Valparaíso

Los sitios ubicados en las cercanías a Valparaíso son tres y se pueden ver en la Figura 27.

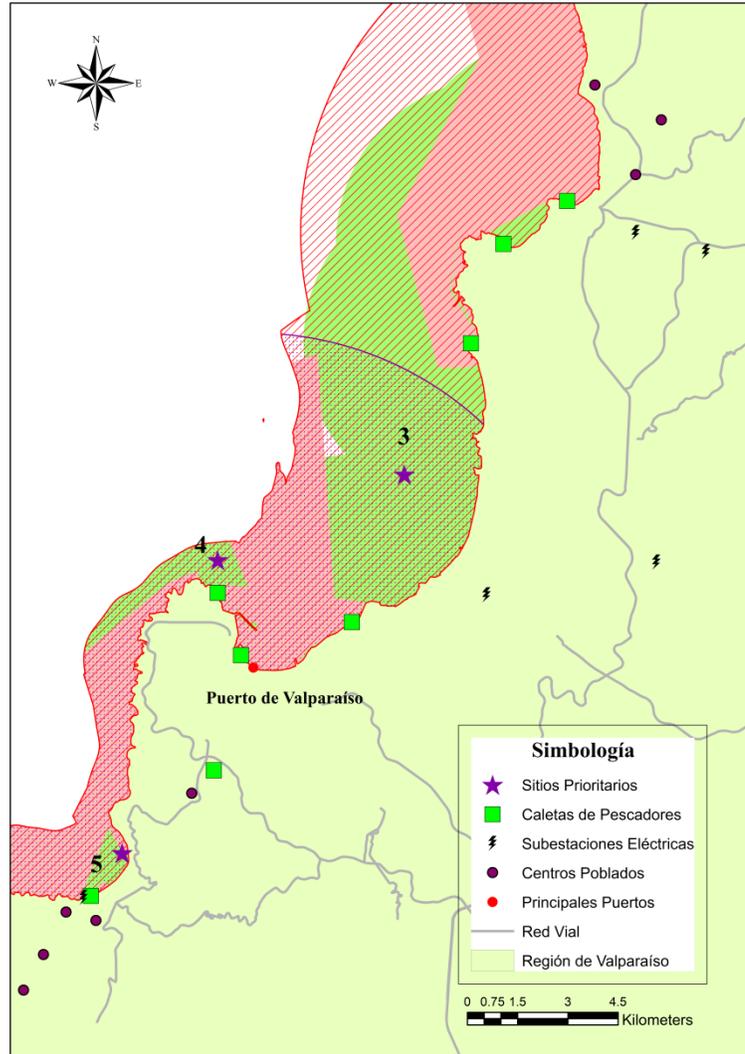


Figura 27. Análisis de sitios priorizados en Valparaíso.

### Sitio N°3

Este sitio se encuentra dentro del área de influencia del puerto de Valparaíso. A su vez, se encuentra dentro del área de influencia de las subestaciones Mauco (de ENAP Refinerías S.A), San Pedro (de CHILQUINTA), Marga Marga (de CGE Transmisión) y Agua Santa (de CHILQUINTA). Tiene buena accesibilidad vial por medio de caminos principales (de pavimento). Se ubica frente a las costas de la comuna de Viña del Mar, y no se encuentra cerca de localidades principales ya que es un sector principalmente de dunas. Por otra parte, se encuentra dentro de los sitios que han sido definidos como condicionados por la presencia de caletas de pescadores artesanales (Montemar y Portales).

#### Sitio N°4

Este sitio se encuentra dentro del área de influencia del puerto de Valparaíso. A su vez, se encuentra dentro del área de influencia de las subestaciones Marga Marga (de CGE Transmisión) y Laguna Verde (de CHILQUINTA). Tiene buena accesibilidad vial por medio de caminos principales (de pavimento). Se ubica frente a las costas de la comuna de Valparaíso, y se encuentra cerca de la localidad de Quebrada Verde. Por otra parte, se encuentra dentro de los sitios que han sido definidos como condicionados por la presencia de caletas de pescadores artesanales (El Membrillo y Sudamericana).

#### Sitio N°5

Este sitio se encuentra dentro del área de influencia del puerto de Valparaíso. A su vez, se encuentra dentro del área de influencia de la subestación Laguna Verde (de CHILQUINTA). Tiene buena accesibilidad vial por medio de caminos principales (de pavimento). Se ubica frente a las costas de la comuna de Valparaíso, y se encuentra cerca de las localidades de Valparaíso, Curaumilla, Quebrada Verde y Los Lobos. Por otra parte, se encuentra dentro de los sitios que han sido definidos como condicionados por la presencia de caletas de pescadores artesanales (El Membrillo y Sudamericana).

Estableciendo una comparación entre los tres sitios priorizados, si bien todos reúnen características similares, el sitio N°3 ha sido considerado con una mayor aptitud para la instalación de proyectos de energía undimotriz. Como se puede apreciar en la Figura 27, este sitio tiene acceso directo por el sector de la costa sin ningún tipo de restricción más que el condicionamiento establecido por las áreas de influencia de las caletas de pescadores artesanales, mientras que para acceder al sitio N°4, además de tener la misma condición antes señalada para el sitio N°1, se debe pasar por sobre una parte área restrictiva para acceder a cierta parte del sitio. Lo anterior es de vital importancia, ya que dependiendo del tipo de dispositivo que se pretenda instalar, para llevar el cableado necesario para recoger la energía generada por los dispositivos, se debe pasar por áreas de restricción y para ello, se debe elaborar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), por tanto, el desarrollo de los proyectos estaría condicionado además, por dicho estudio. Por otra parte, el sitio N°5 también reúne las condiciones necesarias, sin embargo, su superficie es menor que la del área N3. Es decir, aun cuando los sitios N°4 y N°5 reúnen las condiciones necesarias desde el punto de vista de las variables analizadas a lo largo de este documento, serán menos prioritarios que el sitio N°3, que además de reunir las ventajas mencionadas en el análisis de variables, tiene una mayor cantidad de superficie y una mayor accesibilidad, lo cual facilita las actividades de instalación, mantención y accesibilidad.

### San Antonio

Los sitios ubicados en las cercanías a San Antonio son dos y se pueden ver en la Figura 28.

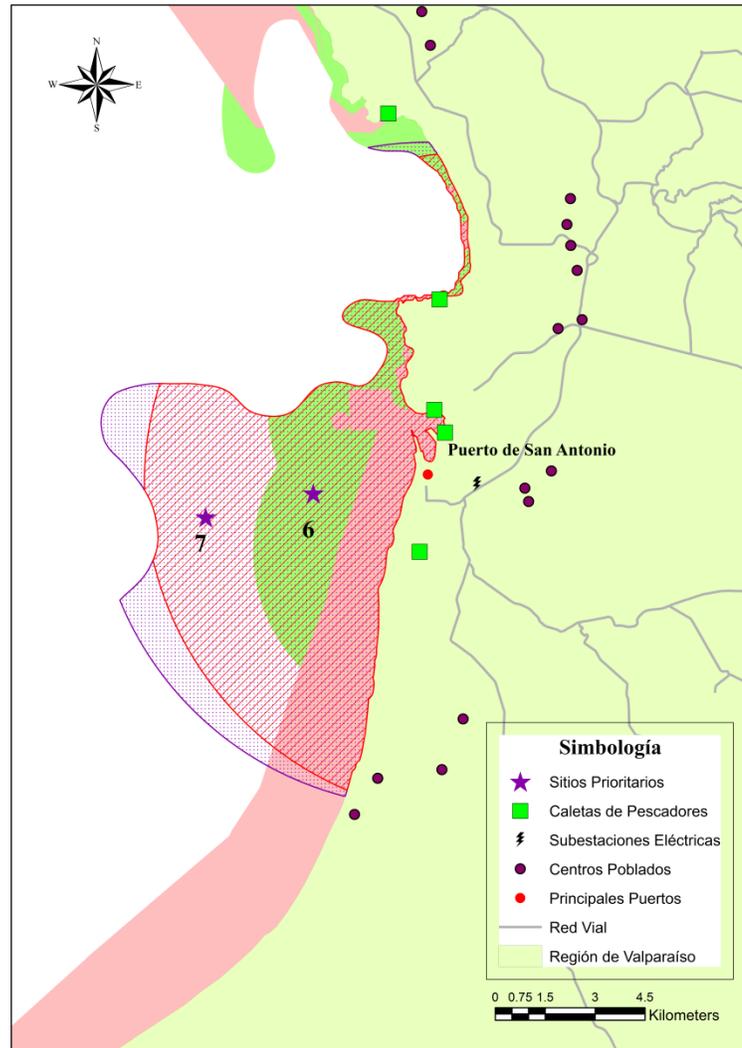


Figura 28. Análisis de sitios priorizados en San Antonio.

#### Sitio N°6

Este sitio se encuentra dentro del área de influencia del puerto de San Antonio. A su vez, se encuentra dentro del área de influencia de la subestación San Antonio (de CHILQUINTA). Tiene buena accesibilidad vial por medio de caminos principales (de pavimento). Se ubica frente a las costas de las comunas de San Antonio y Santo Domingo, y cerca de las localidades de San Antonio, Llolleo y Santo Domingo. Por otra parte, se encuentra dentro de los sitios que han sido definidos como condicionados por la presencia de caletas de pescadores artesanales (Pacheco Altamirano, Puertecito y Boca del Río Maipo).

### Sitio N°7

Este sitio se encuentra dentro del área de influencia del puerto de San Antonio. A su vez, se encuentra dentro del área de influencia de la subestación San Antonio (de CHILQUINTA). Tiene buena accesibilidad vial por medio de caminos principales (de pavimento). Se ubica frente a las costas de las comunas de San Antonio y Santo Domingo, y cerca de las localidades de San Antonio, Lolleo y Santo Domingo. Este sitio a diferencia del sitio N°6, no tiene ningún tipo de restricción ni condición.

Estableciendo una comparación entre los dos sitios priorizados, si bien ambos reúnen características similares, el sitio N°7 ha sido considerado con una mayor aptitud para la instalación de proyectos de energía undimotriz ya que como se puede apreciar en la Figura 28, este sitio no tiene ningún tipo de restricción ni condicionante, por lo que bajo los criterios analizados sería uno de los mejores sitios. Sin embargo, no hay acceso terrestre directo a este sitio, ya que se debe pasar necesariamente por una zona de restricción. Dependiendo del tipo de dispositivo que se pretenda instalar, para llevar el cableado necesario para recoger la energía generada por los dispositivos, se debe pasar por áreas de restricción y para ello, se debe elaborar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), por tanto, el desarrollo de los proyectos estaría condicionado además, por dicho estudio. Por otra parte, el sitio N°7 es uno de los con mayor superficie de los sitios priorizados.

Una vez identificados los sitios priorizados a partir de los criterios antes mencionados, se procedió a caracterizar el potencial de olas existente en dichos sitios, con la finalidad de conocer si todos los sitios tienen condiciones similares o si hay algunos que reúnen mejores condiciones de olas. Como se logró obtener buenos sitios, no se tomó en consideración el octavo sitio que había sido identificado como alternativo.

## Potencial de olas

Para el análisis de información del potencial de olas, se utilizó la plataforma “Explorador de Energía Marina”. Se identificó arbitrariamente un punto dentro de cada uno de los sitios definidos como prioritarios y se generó un reporte a partir del cual se obtuvo la siguiente información:

### Sitio N°2

Este sitio se encuentra ubicado en los 32,77° de latitud sur y los 71,58° de longitud oeste.

A partir de la estadística básica se obtuvieron los siguientes datos:

- Promedio de altura significativa: 2,44 metros.
- Promedio período medio: 11,12 segundos.
- Promedio potencia: 36,45 kW/m.
- Promedio dirección media: 209,26°

La mayor potencia de olas es alcanzada entre los meses de Mayo y Agosto, meses en los que también se producen las mayores alturas significativas. Además, se puede señalar que la dirección de propagación de las olas es hacia el sur-oeste.

### Sitio N°3

Este sitio se encuentra ubicado en los 32,95° de latitud sur y los 71,60° de longitud oeste.

A partir de la estadística básica se obtuvieron los siguientes datos:

- Promedio de altura significativa: 2,07 metros.
- Promedio período medio: 11,10 segundos.
- Promedio potencia: 26,80 kW/m.
- Promedio dirección media: 189,20°

La mayor potencia de olas es alcanzada entre los meses de Mayo y Agosto, meses en los que también se producen las mayores alturas significativas. Además, se puede señalar que la dirección de propagación de las olas es hacia el sur-oeste.

### Sitio N°7

Este sitio se encuentra ubicado en los 33,597° de latitud sur y los 71,66° de longitud oeste.

A partir de la estadística básica se obtuvieron los siguientes datos:

- Promedio de altura significativa: 1,74 metros.
- Promedio período medio: 10,58 segundos.
- Promedio potencia: 17,92 kW/m.
- Promedio dirección media: 191,18°

La mayor potencia de olas es alcanzada entre los meses de Mayo y Agosto, meses en los que también se producen las mayores alturas significativas. Además, se puede señalar que la dirección de propagación de las olas es hacia el sur-oeste.

A partir de los datos antes señalados, se puede observar que la mayor potencia de olas es alcanzada entre los meses de Mayo y Agosto, lo cual es coincidente con los meses donde se alcanza la mayor altura de olas. Sin embargo, en base a la distribución de la frecuencia de las olas, es decir, realizando una comparación entre el porcentaje de frecuencia de un cierto tipo de altura, el sitio N°2 presenta la mejor distribución, y la mayor frecuencia corresponde a olas con una altura significativa de entre 2 y 3m. Del mismo modo, en lo que respecta a las series de tiempo de dicha altura, el oleaje en el sitio N°2 presenta mejores condiciones ya que aun en los meses de Enero y Octubre (además de Mayo a Agosto) se presentan alturas bastante significativas. Respecto a la potencia del oleaje, los episodios de mayores potencias se dan en el mes de Agosto.

### **Discusión general**

Respecto al análisis de los resultados finales, la mayor cantidad de superficie según los criterios establecidos corresponden a zonas restringidas y condicionadas. Lo anterior debido a que dentro del territorio que se encuentra entre la línea de costa y una línea de batimetría de 100 m de profundidad, estas zonas se encuentran cercanas al borde costero y tienen una menor profundidad, las que constituyen condiciones favorables para el ejercicio de la pesca y la mantención de áreas de manejo y de conservación de la naturaleza. Del mismo modo, la mayor cantidad de superficie abarcada por los criterios de cercanía a subestaciones eléctricas y puertos se encuentra concentrada en el sector centro-norte y centro de la Región y en menor medida hacia los extremos sur y norte. Lo anterior coincide con la accesibilidad por medio terrestre, ya que hacia los extremos norte y sur de la Región la accesibilidad hacia el sector costero es mucho menor, mientras que en el sector centro-norte y centro, la accesibilidad hacia la costa es mucho mayor, lo que facilita la conectividad de los proyectos con el sector terrestre. Lo anterior coincidente con la identificación de los mejores sitios para la instalación de proyectos de energía undimotriz, ya que se encuentran ubicados en los mismos sectores (centro-norte y centro), los cuales tienen una mayor accesibilidad por medio marítimo (debido a la cercanía a los puertos) y por medio terrestre (debido a la disponibilidad de caminos). Por tanto, del total de sitios priorizados para la instalación de proyectos de energía undimotriz (siete) el sitio N°2 es el que reúne aun mejores condiciones que el resto, principalmente debido que es un sitio que tiene buen acceso al recurso, se encuentra dentro del área de influencia de la infraestructura de apoyo (puertos y subestaciones eléctricas) y no presenta restricciones de ningún tipo (salvo la condicionante del área de influencia de las caletas). Al mismo tiempo, las condiciones de potencial de olas son favorables con las tecnologías existentes para la generación de energía undimotriz.

## CONCLUSIONES

Todas las variables analizadas constituyen elementos que deben ser considerados para la instalación de proyectos de energía undimotriz, ya que permiten abarcar aspectos económicos, ambientales, técnicos, administrativos y de planificación, agregando un mayor respaldo a la investigación.

Según batimetría, mientras mayor sea la profundidad del lecho marino más costoso sería instalar proyectos de energía undimotriz, ya que se incrementan los costos de anclaje, los costos asociados a la conexión a alguna red eléctrica y los costos de transporte, es por ello que se esperaba contar con sitios con una profundidad máxima de 100 m para facilitar la instalación y fondeo de los dispositivos, por ello fue uno de los criterios principales para comenzar la selección de sitios.

En lo que respecta al uso de borde costero, el hecho de que exista una macrozonificación de éste permite tener una mayor claridad respecto a las actividades que se pueden desarrollar en cada zona y por tanto, identificar cuáles son más o menos compatibles con proyectos de energía undimotriz. Las zonas identificadas como compatibles (asentamientos humanos, pesca artesanal, turismo y recreación, industriales, portuarias y reservadas para el Estado) lo son desde una perspectiva técnica, sin embargo, se debe tener en consideración que una instalación exitosa de proyectos deberá involucrar la participación de los actores relacionados con estas zonas.

La importancia de los centros poblados radica en la capacidad que tienen éstos de prestar servicios asociados a los proyectos, especialmente en las fases de proyecto asociadas a instalación, operación y mantenimiento de los proyectos en una etapa inicial. Estas posibilidades se pueden ampliar en la medida que el desarrollo tecnológico se pueda llevar a cabo en la misma región, y para ello, deben haber centros poblados capaces de satisfacer las distintas demandas.

Respecto a la distancia a subestaciones eléctricas, se debe considerar que mientras menos distancia exista entre los proyectos y las subestaciones a las cuales se conectarán los proyectos, menos serán los costos asociados a la conexión al sistema interconectado central (SIC). De acuerdo al análisis realizado, 17 de las 20 subestaciones existentes en la región son compatibles con proyectos de energía undimotriz según el factor distancia, de las cuales 10 se encuentran a menos de 10 km en línea recta de la costa.

En el caso de infraestructura portuaria, astilleros y maestranzas, su importancia radica en la capacidad de prestar servicios de apoyo a los proyectos, principalmente en el ámbito de la instalación, mantenimiento y reparaciones de los dispositivos. En ambos casos se consideró un área de influencia de 10 km alrededor de éstos con la finalidad de conocer los sitios que se encuentran a una distancia relativamente cercana para disminuir los costos por traslados de embarcaciones y fondeos en zonas más alejadas.

Las áreas de manejo se consideraron totalmente excluyentes debido a que son espacios asignados exclusivamente a la explotación de recursos bentónicos y algas, y que no tienen ninguna relación con los proyectos de energía undimotriz. Sin embargo, si bien totalizan 42, la cantidad de superficie que utilizan no es extensa y su ubicación es más bien en los sectores costeros, por lo que en el caso de dispositivos que se instalen mar adentro no habría problemas de incompatibilidad, sino que los problemas surgirían a partir de la posibilidad de que el cableado pueda pasar por esas zonas, siempre y cuando se hagan los EIAs correspondientes.

Se definió un área de influencia de 2 km alrededor de cada caleta de pescadores artesanales, que se asumió de uso exclusivo, mientras que el resto del territorio podría ser utilizado para los proyectos. Sin embargo debido a experiencias internacionales, existe la posibilidad de generar participación con las asociaciones de pescadores para lograr acuerdos en cuanto al funcionamiento de los proyectos, de manera que no interfieran con las necesidades de los pescadores y logrando que éstos se involucren en los proyectos, es por ello que dichas zonas fueron clasificadas como condicionadas.

Sobre concesiones marítimas, no existe certeza absoluta respecto al tipo de concesiones que se debieran solicitar para proyectos de energía undimotriz ya que hasta ahora, algunos desarrolladores sólo han solicitado concesiones temporales. Por otra parte, no existe un catastro oficial para la Región de Valparaíso sobre todas las concesiones que han sido otorgadas ni las ubicaciones exactas de éstas, ya que cada Capitanía de Puerto debiera hacerse cargo de catastrar las correspondientes a su área de jurisdicción, situación que se encuentra en proceso actualmente.

Respecto al potencial de olas en la región, se puede concluir que toda la costa reúne condiciones necesarias para la instalación de proyectos de energía undimotriz (potencia, distribución y frecuencia de olas). Particularmente, los sitios definidos como aptos presentan alturas superiores a 1,74 m, períodos medios de más de 10,58 segundos, potencias superiores a los 17,92 kW/m y promedios de dirección media de entre 189,20° y 209,26°.

Finalmente, se puede concluir que en la región existe una alta factibilidad para proyectos de energía undimotriz, pero al no existir legislación clara al respecto, éstos podrían ser preservados por el Estado para que en el mediano plazo se pueda contar con ellos para la instalación de proyectos, al tiempo que se puedan comenzar a generar instancias de participación con los principales actores involucrados.

## BIBLIOGRAFÍA

AMEC/Carbon Trust, 2012. UK Wave Energy Resource, s.l.: s.n.

Aquatera, 2014. Recomendaciones para la estrategia de energía marina de Chile: un plan de acción para su desarrollo. UK Foreign and Commonwealth Office. Orkney, Escocia. Proyecto P478. 202p.

Arenas F. y Cáceres, G. 2001. “Ordenamiento del territorio en Chile: Desafíos y urgencias para el tercer milenio”. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile. pp. 21 a 30.

ASMAR (Astilleros y Maestranzas de la Armada). 2014a. Reparaciones. Publicación en Línea. Disponible en: [http://www.asmar.cl/rep\\_nav.html](http://www.asmar.cl/rep_nav.html). Leído el 12 de abril de 2014.

ASMAR (Astilleros y Maestranzas de la Armada). 2014b. Historia. Publicación en Línea. Disponible en: <http://www.asmar.cl/historia.html>. Leído el 12 de abril de 2014.

Baird and Associates S.A. 2003. “Olas del Pacífico”. Publicación en línea. Disponible en: <http://www.olasdelpacifico.com/>. Leído el 20 de enero de 2014.

Balenilla, F. 2005. “La sostenibilidad desde la perspectiva del agotamiento de los combustibles fósiles, un problema socio-ambiental relevante”. Investigación en la escuela, ISSN 0213-7771, n° 55: 73-88. Madrid.

Barría, C. 2012. Segundo Pilar Estrategia Nacional de Energía: Impulso a las Energías Renovables. División de Energías Renovables, Ministerio de Energía. Publicación en línea. Disponible en: [http://www.cigre.cl/sem\\_24\\_oct\\_12/informacion\\_evento/presentaciones/bloque%201/Carlos%20Barria.pdf](http://www.cigre.cl/sem_24_oct_12/informacion_evento/presentaciones/bloque%201/Carlos%20Barria.pdf). Leído el 15 de junio de 2014.

Bormen. 2014. Bormen Limitada. Publicación en Línea. Disponible en: [http://www.bormen.cl/new\\_site/](http://www.bormen.cl/new_site/). Leído el 12 de abril de 2014.

Centro de Energías Renovables (CER). 2011a. “Tecnologías”. Publicación en línea. Disponible en: <http://cer.gob.cl/tecnologias/>. Leído el 15 de junio de 2014.

Centro de Energías Renovables (CER). 2011b. “Fuentes ERNC”. Publicación en línea. Disponible en: <http://cer.gob.cl/sobre-las-ernc/fuentes/>. Leído el 20 de junio de 2014.

CMN (Consejo de Monumentos Nacionales). 2013. Santuarios de la Naturaleza de Chile. 1a. ed. Consejo de Monumentos Nacionales. 144p.

CNE (Comisión Nacional de Energía), Chile. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) 2009. Las Energías Renovables No Convencionales en el mercado eléctrico chileno. Proyecto Energías Renovables No Convencionales (CNE/GTZ). 122p.

CNE (Comisión Nacional de Energía). 2014. Sistemas Eléctricos. Publicación en línea. Disponible en: <http://www.cne.cl/energias/electricidad/sistemas-electricos>. Leído el 15 de junio de 2014.

CONAVRE. 2014. Empresa. Publicación en Línea. Disponible en: <http://www.conavre.cl/>. Leído el 12 de abril de 2014.

D.F.L 292. Aprueba la Ley Orgánica de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante. Of2002. Recuperado en: [http://www.directemar.cl/images/stories/Marco\\_Normativo/Nacional/Leyes/tm-o25-12.pdf](http://www.directemar.cl/images/stories/Marco_Normativo/Nacional/Leyes/tm-o25-12.pdf)

D.S.N°107. Declara Área Marina y Costera Protegida un sector del borde costero en las Cruces, Comuna de el Tabo, Provincia de San Antonio, V Región de Valparaíso. Of2005. Recuperado en: [http://www.ssffaa.cl/pdf\\_documentacion/cnubc/normativas\\_y\\_reglamentos/3\\_decretos\\_am\\_cp\\_reservas\\_marinas/DS\\_107\\_M\\_2005\\_%20AMCP\\_Las%20Cruces.pdf](http://www.ssffaa.cl/pdf_documentacion/cnubc/normativas_y_reglamentos/3_decretos_am_cp_reservas_marinas/DS_107_M_2005_%20AMCP_Las%20Cruces.pdf).

D.S.N°202. Modifica D.S.N°290-1993 Reglamento de Concesiones y Autorizaciones de Acuicultura. Of2010. Recuperado en: <http://www.subpesca.cl/normativa/605/w3-article-4003.html>.

D.S.N°240. Fija Nómina Oficial de Caletas de Pescadores Artesanales. Of1998. Recuperado en: [http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com\\_remository&Itemid=246&func=startdown&id=1937](http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com_remository&Itemid=246&func=startdown&id=1937).

D.S.N°475. Establece Política Nacional del Uso del Borde Costero del Litoral de la República y Crea Comisión Nacional que Indica. Of 1998. Recuperado en: [http://www.plataformacaldera.cl/biblioteca/589/articles-68664\\_documento.pdf](http://www.plataformacaldera.cl/biblioteca/589/articles-68664_documento.pdf).

D.S.N°95. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Of2001. Recuperado en: [http://www.sinia.cl/1292/articles-37936\\_pdf\\_reglamento\\_seia.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-37936_pdf_reglamento_seia.pdf).

Departamento de Geofísica (DGF) Universidad de Chile. 2013. Explorador de Energía Marina. Plataforma en Línea. Disponible en: <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Marino/>. Leído el 10 de abril de 2014.

DIRECTEMAR (Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante), Chile. TM-020. Of2009. Reglamento sobre Concesiones Marítimas. Segunda Edición.

Elizalde, A., González, M. 2008. Chile: ¿Autosuficiencia o “autismo” energético? La tensión entre integración regional y sustentabilidad. Revista de la Universidad Bolivariana. Volumen 7. N°21. pp 37 a 62.

Empresa Portuaria San Antonio. 2013. Plan Maestro Puerto de San Antonio. 107p. Chile.

Empresa Portuaria Valparaíso. 2012. Plan Maestro Puerto de Valparaíso. 129p. Chile.

Empresa Portuaria Valparaíso. 2014. Historia. Publicación en Línea. Disponible en: <http://www.puertovalparaiso.cl/WebLectorRealInfo/Tapa.aspx?sitio=49&edicion=75&cuerpo=457>. Leído el 26 de mayo de 2014.

Errázuriz y Asociados. 2012. Energía marina en Chile: Avanzando en el desarrollo del recurso chileno. Publicado por British Embassy Santiago, Chile. 92p.

Estenssoro, F. 2010. Crisis ambiental y cambio climático en la política global: Un tema crecientemente complejo para América Latina. Revista UNIVERSUM. Volumen 2. N°25. Pp.57 a 77. Universidad de Talca.

Farjas, M. 2000. “Levantamientos batimétricos”. Documentos de trabajo. Tema 13. Universidad Politécnica de Madrid. Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Publicación en línea. Disponible en: [http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria\\_Batimetria\\_Tema\\_13.pdf](http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria_Batimetria_Tema_13.pdf). Leído el 15 de mayo de 2014.

Felix, F. 2012. Atlas sobre distribución, rutas migratorias, hábitats críticos y amenazas para grandes cetáceos en el Pacífico Oriental. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 75p.

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

GORE (Gobierno Regional de Valparaíso). 2012a. “Estrategia Regional de Desarrollo: Región de Valparaíso 2020”. División de Planificación y Desarrollo. Chile. 186p.

GORE (Gobierno Regional de Valparaíso). 2012b. “Resumen ejecutivo Propuesta de Macrozonificación Público-Privada”. División de Planificación y Desarrollo, Resumen Ejecutivo. Chile.

GORE (Gobierno Regional de Valparaíso). 2014. “Geografía”. Publicación en línea. Disponible en: <http://www.gorevalparaiso.cl/geografia.php>. Leído el 20 de mayo de 2014.

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

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

Iglesias, R. 2008. “Biomasa, agroenergía, bioenergía, eficiencia energética, ahorro energético: ¿tienen sentido?”. Publicaciones de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 26 p.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2010. “Turismo: Informe Anual 2009”. Chile. 110p.

Ley N° 18.892. Ley General de Pesca y Acuicultura. Of1989. Recuperado en: <<http://www.subpesca.cl/normativa/605/w3-article-516.html>>.

Ley N°19.542. Moderniza el Sector Portuario Estatal. Of1997. Recuperado en: <<http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=82866>>.

Lobera, J. 2008. Insostenibilidad: aproximación al conflicto socioecológico. Rev. iberoam. cienc. tecnol. soc. [online]. Vol.4, n.11, pp. 53-80. ISSN 1850-0013.

MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2011. Las áreas protegidas de Chile. Sierralta L., R. Serrano. J. Rovira & C. Cortés (eds.), 35p.

Monárdez, P., Acuña, H., 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.

MOP (Ministerio de Obras Públicas). 2009. Infraestructura Portuaria y Costera: Chile 2020. Dirección de Obras Portuarias (DOP). Chile. 84p.

OES-IA (Ocean Energy Systems, International Energy Agency). 2011. An International Vision for Ocean Energy: Annual Report. Published by IEA Executive Committee. Lisbon, Portugal. 114p.

Ortiz, R. 2003. Recuperación de la Biodiversidad de Recursos Bentónicos de Caleta Maitencillo. Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). Publicación en Línea. Disponible en: [http://www.sinia.cl/1292/articles-32424\\_recurso\\_1.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-32424_recurso_1.pdf). Leído el 7 de marzo de 2014.

Panel Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático (IPCC). 2007. “Cambio Climático 2007: Informe de síntesis”. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. Ginebra, Suiza. 104p.

SERNAPESCA (Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura). 2012. Anuario Estadístico de Pesca 2012. Subsector Pesquero Artesanal. Chile. Recuperado en: <[http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com\\_remository&Itemid=246&func=startdown&id=7722](http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com_remository&Itemid=246&func=startdown&id=7722)>.

SIIT (Sistema Integrado de Información Territorial). 2014. Mapas vectoriales. [En línea]. Recuperado en: < [http://siit2.bcn.cl/mapas\\_vectoriales/index\\_html/](http://siit2.bcn.cl/mapas_vectoriales/index_html/)>. Consultado el 5 de mayo de 2014.

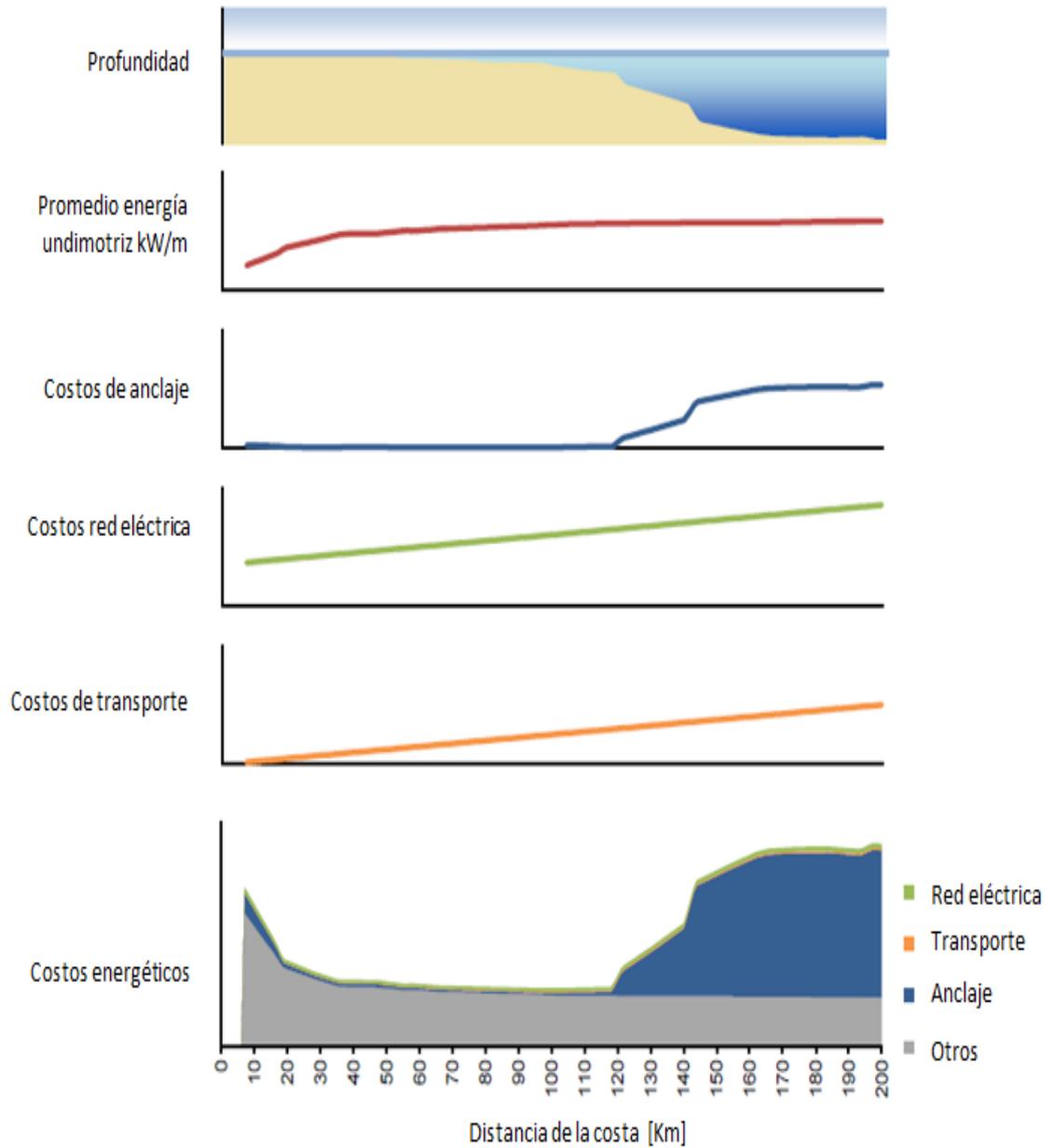
Sociedad Iberoamericana de Reparaciones Navales Ltda (SOCIBER). 2014. El Astillero. Publicación en Línea. Disponible en: [http://www.sociber.cl/pags\\_esp/shipyard.html](http://www.sociber.cl/pags_esp/shipyard.html). Leído el 12 de abril de 2014.

SUBPESCA (Subsecretaría de Pesca y Acuicultura). 2014. Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB). Publicación en Línea. Disponible en: <http://www.subpesca.cl/institucional/602/w3-article-79853.html>. Leído el 15 de marzo de 2014.

Versalovic, S. 2011. Identificación de barreras para el desarrollo de la energía marina en Chile. Memoria (Ingeniero en Recursos Naturales Renovables). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, 2011. 35p.

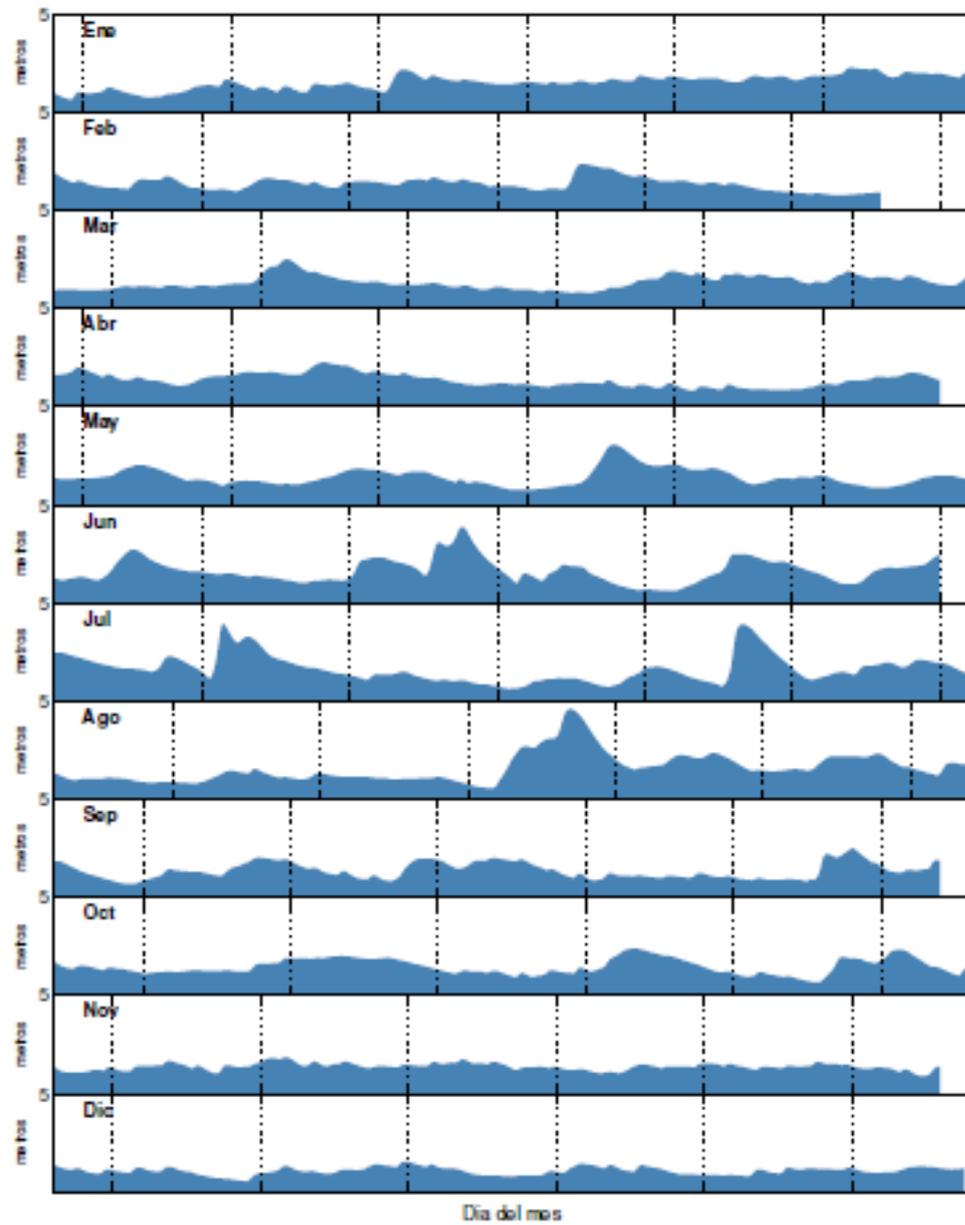
## ANEXOS

Anexo 1. Consideraciones relativas al costo de la energía – en el caso de la energía undimotriz.



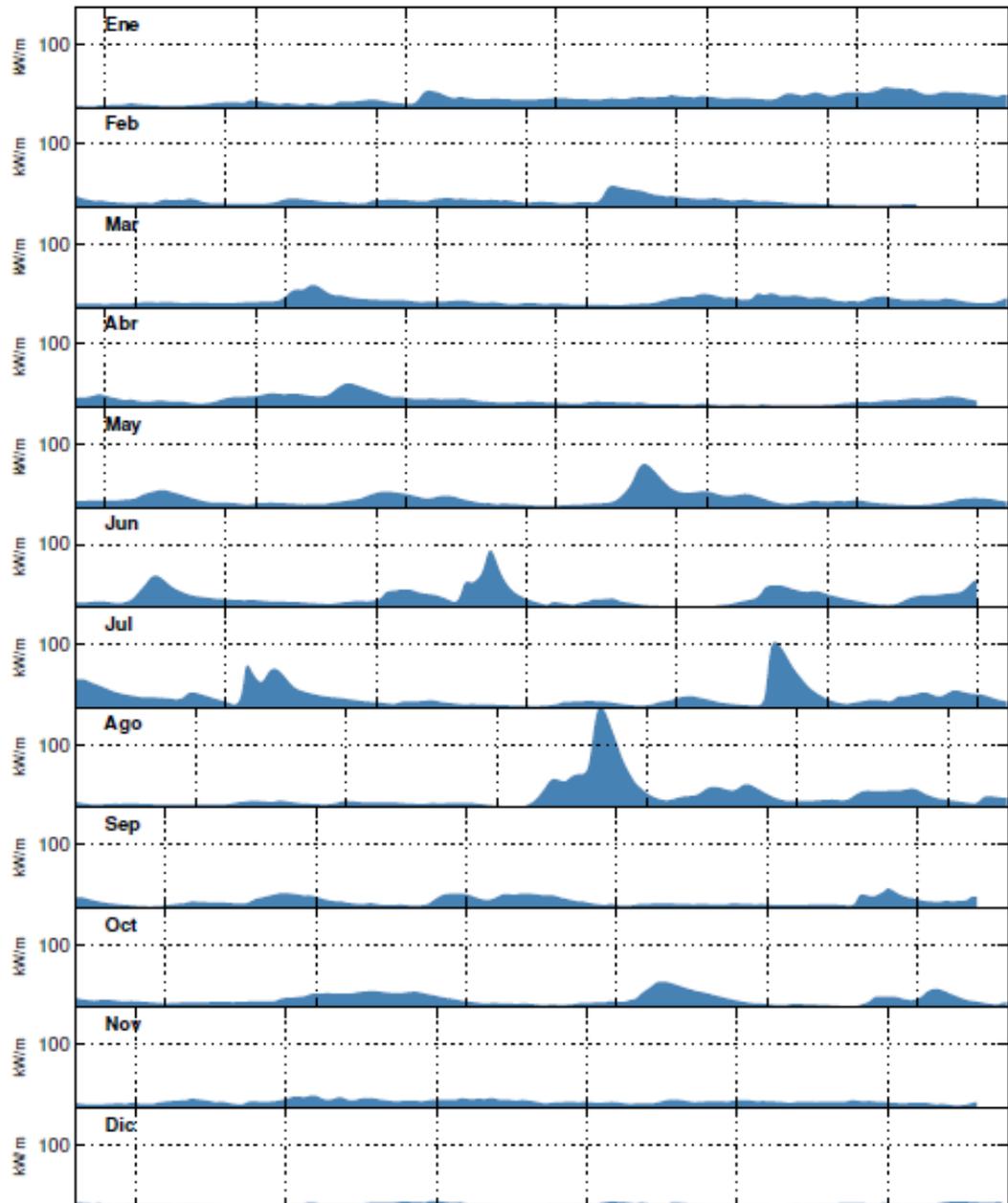
Fuente: AMEC/Carbon Trust, 2012 en Recomendaciones para la Estrategia de Energía Marina de Chile: Aquatera, 2014.

Anexo 2. Ejemplo de serie de tiempo de altura significativa de olas.



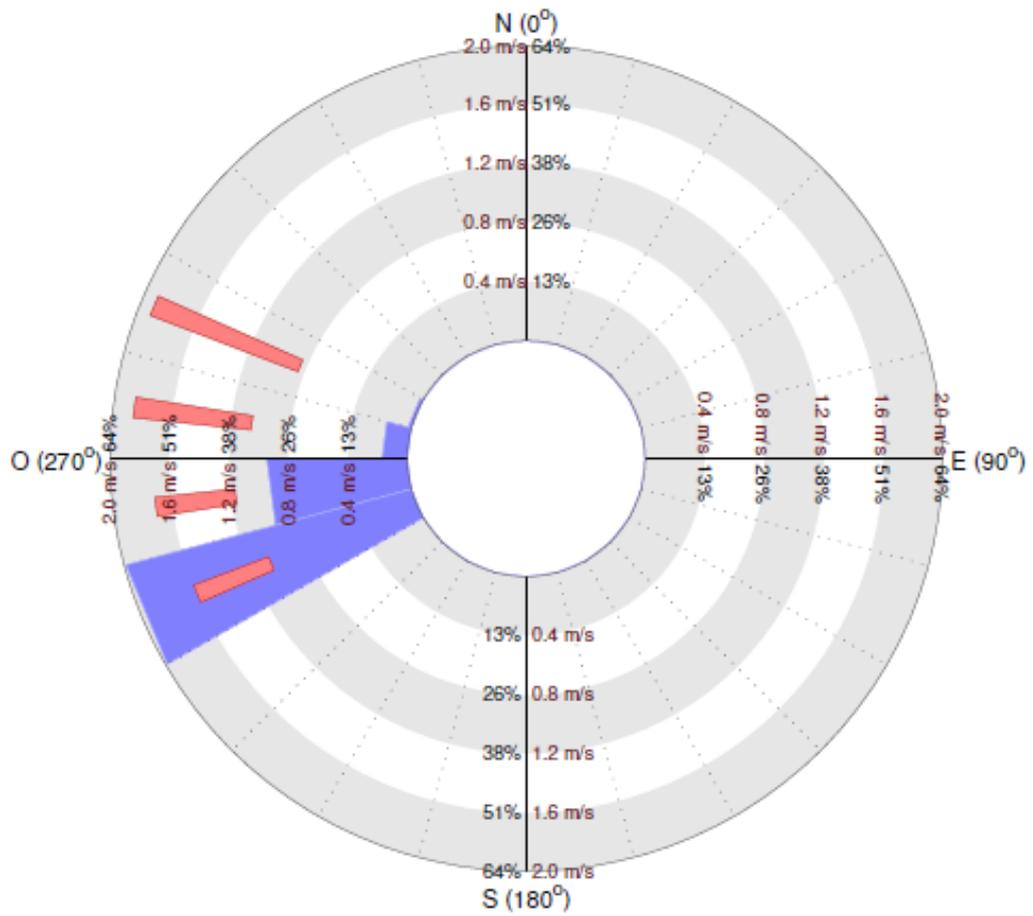
Fuente: DGF, 2013.

Anexo 3. Ejemplo de series de tiempo de la potencia del oleaje.



Fuente: DGF, 2013.

Anexo 4. Ejemplo de rosa de la dirección de propagación de las olas<sup>18</sup>.



Fuente: DGF, 2013.

<sup>18</sup> El ángulo que se forma indica la dirección a partir de la cual proviene el oleaje (en este caso, desde el sur-poniente). Del mismo modo, las barras rojas indican el rango de la altura significativa de las olas, mientras que las barras azules indican el porcentaje en que la dirección de propagación se orienta hacia ciertos valores horarios.

Anexo 5. Requerimientos de la cadena de suministro para el desarrollo de proyectos de energía undimotriz.

CADENA DE SUMINISTRO DE ENERGIAS MARINAS RENOVABLES							
FASES DE PROYECTO							
Estudios/ Viabilidad	Planificación	Diseño	Fabricación	Pruebas y Certificaciones	Instalación	Operación y Mantenimiento	Desmantel- amiento
PARTICIPACION DE LA CADENA DE SUMINISTRO							
Estudios Geológicos	Permisos	Diseño del proyecto	Anclajes	Pruebas del Prototipo	Montaje en Tierra	Gestión Integral	Desmontaje en el mar
Estudios Oceanográficos	Planificación/ Consentimiento	Diseño marino	Flotación / Estructura en el mar	Pruebas a Gran Escala	Cableado	Evaluación de Resultados	Tranporte
Evaluación del Patrimonio	Seguros	Diseño Mecánico	Sistema de Captura de Energía	Componentes y Pruebas del Sistema	Transporte	Recuperación y Reparación	Tratamiento de Residuos
Evaluación de Impacto Ambiental	Financiación	Diseño Hidrodinámico	Equipos de Generación de Potencia	Verificación/ Certificación	Construcción en el mar	Gestión de Fiabilidad	Reciclaje
Estudios de Actividad Humana	Marco Jurídico	Diseño del Sistema Eléctrico	Equipos de Transmisión de Potencia		Construcción obra civil (en tierra)	Supervisión Estructural	Rehabilitación para Reutilización
Evaluación de Recursos	Acuerdos para el suministro energético	Diseño Civil (en tierra)	Equipos de Comunicación / Navegación				Evaluación de Impacto Ambiental
Estudios de Viabilidad		Diseño del Sistema de Control	Equipos de Control				
			Equipos para la Evaluación de Recursos				

Fuente: Aquatera, 2014.

## APÉNDICES

### Apéndice 1.

En la Estrategia Regional de Desarrollo para la Región de Valparaíso al año 2020 se identificaron diversas vocaciones productivas en territorios subregionales asociados al litoral costero:

- Litoral Norte, comprendido por las comunas de Quintero, Puchuncaví, Zapallar y Papudo, en el cual las primeras dos comunas presentan un importante desarrollo pesquero y portuario en desmedro del medio ambiente que se ha visto impactado por una fuerte concentración industrial (generado por un nodo portuario-industrial, con presencia de industrias energéticas, petroquímicas y mineras), mientras que las segundas dos comunas presentan un importante desarrollo inmobiliario para satisfacer la demanda de segundas viviendas para familias que provienen de la Región Metropolitana (GORE Valparaíso, 2012a).
- El Gran Valparaíso, comprendido por las comunas de Valparaíso, Viña del Mar, Concón, en conurbación con las comunas de Quilpué y Villa Alemana, las cuales constituyen una zona con actividades económicas diversas, pero que se concentran principalmente en los servicios a personas y empresas, así como actividades portuarias e industriales. Toma relevancia también el importante rol turístico que cumple esta zona, principalmente en los sectores de Valparaíso, Viña del Mar y Concón (GORE Valparaíso, 2012a).
- Litoral Sur, comprendido por las comunas de la provincia de San Antonio. Sus principales actividades se relacionan con la actividad marítima-portuaria, donde destaca la importancia de la actividad pesquera y la actividad turística, así como la pesca artesanal ejercida por organizaciones de pescadores en las cuales se concentran algunas áreas de manejo (GORE Valparaíso, 2012a).

### Apéndice 2.

De acuerdo al D.S.N° 357 de 2005 – que establece el Reglamento sobre Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos - los planes de manejo deben cumplir con los siguientes requisitos legales:

- El área solicitada debe haber sido determinada por el Ministerio para estos fines.
- Podrá contemplar acciones de manejo, las cuales deberán asegurar la sustentabilidad de los recursos presentes en el área y cuya ejecución no deberá presentar conflictos con las disposiciones ya vigentes.
- Todas las etapas que se lleven a cabo deben ser asistidas por una institución ejecutora.
- No se podrán incorporar individuos de especies provenientes de áreas externas, salvo en casos donde se permita el repoblamiento.
- Se podrán instalar colectores de especies hidrobiológicas.

- No se podrán trasladar especies secundarias fuera del área solicitada, ni tampoco su eliminación.
- Se podrán desarrollar actividades de acuicultura de acuerdo al reglamento respectivo.  
Sin embargo, anteriormente se deberá presentar un estudio de la situación base del área a solicitar, el cual deberá considerar:
  - Los antecedentes generales del área.
  - Los objetivos del estudio de la situación base del área.
  - La metodología a emplear para dar cumplimiento a los objetivos del estudio.
  - Presentación de resultados que incluyan las cartas batimétrica y bentónica del área, además de la cuantificación de las especies principales y la descripción socioeconómica de la organización que solicita el área así como la localidad en la cual se inserta.
- Fuentes de financiamiento y montos utilizados.

Estas áreas de manejo son decretadas de acuerdo a la Ley General de Pesca y Acuicultura, una vez aprobados los informes técnicos de la SUBPESCA y del Consejo Zonal de Pesca y habiendo hecho la consulta pertinente a la Subsecretaría de Marina según el D.S.N° 355 de 1995, por lo que cada área de manejo tiene asociado un decreto de establecimiento.

### Apéndice 3

Se realizó una revisión del Reglamento de Concesiones Marítimas a partir de la cual se identificaron varios elementos interesantes que se pueden asociar a las tecnologías para la generación de energía undimotriz, principalmente en el aspecto de los requisitos y condiciones necesarias para obtener una concesión marítima.

- En el artículo N°13 se indica que los beneficiarios de concesiones marítimas otorgadas para distintos tipos de construcción como terminales marítimos u obras marítimas de envergadura similar, deberán presentar:
  - Un estudio y planos ilustrativos sobre vientos, mareas, corrientes, oleaje, sondaje y detalles del fondo del mar.
  - Antecedentes del lugar donde se instalarán dichas obras, que deben haber sido revisados y autorizados por el S.H.O.A.
  - Además, se les podrá exigir presentar un estudio sobre la maniobrabilidad de las naves que ocupen en la instalación, cuyos antecedentes deben ser revisados y aprobados por la Dirección.

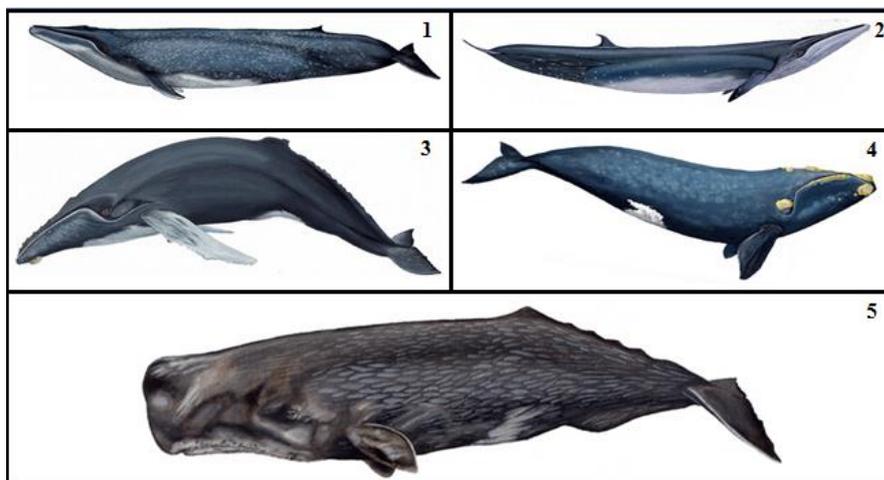
Esto es primordial, ya que si se trata de tecnologías que se ubicarán mar adentro como por ejemplo dispositivos atenuadores o absorbedores puntuales, se necesita dar a conocer las características físicas del sector donde se instalarán dichos dispositivos, y por otra parte, sin duda habrá durante el período de instalación movimiento de embarcaciones que trasladarán las piezas, por lo que también se debe contar con la información asociada a estos movimientos.

- En el artículo N°19 se establece que los concesionarios deben comunicar de manera escrita a la Capitanía de Puerto respectiva, cuando tenga el deseo de proceder a la construcción o instalación de elementos fijos adheridos al suelo.

Lo anterior resulta fundamental considerando que dependiendo del tipo de dispositivo que se pretenda instalar, existe la posibilidad de que se construyan o instalen elementos fijos adheridos al suelo. Tal es el caso por ejemplo, de dispositivos para columnas de agua oscilante (OWC) que tienden a ubicarse en la costa, incorporadas en rompeolas.

#### Apéndice 4.

Las especies de grandes ballenas incluidas en la primera parte del proyecto fueron escogidas en base a ciertos criterios como el grado de amenaza actual que presentan, la disponibilidad de información respecto a ellas y sobre todo, la diversidad en lo que respecta a comportamiento migratorio, ecología y hábitat. Estas especies seleccionadas para el proyecto fueron: *Balaenoptera musculus* (ballena azul), *Balaenoptera brydei = edeni* (ballena tropical o de Bryde), *Megaptera novaeangliae* (ballena jorobada), *Eubalaena australis* (ballena franca austral) y *Physeter macrocephalus* (cachalote), todas las cuales se pueden ver en la siguiente figura.



Fuente: Planificación espacial de larga escala para rutas migratorias y hábitats críticos de mamíferos marinos en el Pacífico Oriental. 1. Ballena azul<sup>19</sup>, 2. Ballena de bryde<sup>20</sup>, 3. Ballena jorobada<sup>21</sup>, 4. Ballena franca austral<sup>22</sup>, 5. Cachalote<sup>23</sup>. Fuente: Centro de Conservación Cetácea (CCC), 2014.

<sup>19</sup> Imagen obtenida del Centro de Conservación Cetácea.

<sup>20</sup> Imagen obtenida del Centro de Conservación Cetácea.

<sup>21</sup> Imagen obtenida del Centro de Conservación Cetácea.

<sup>22</sup> Imagen obtenida del Centro de Conservación Cetácea.

<sup>23</sup> Imagen obtenida del Centro de Conservación Cetácea.