



# ENERGÍAS MARINAS

**Sergio Versalovic**

**Septiembre de 2015**



# AQUATERA LIMITED

Presencia en Chile desde **2011**

**+350** proyectos de energías renovables

Proyectos en ejecución en **+20** países

Apoyo al desarrollo de **+30** tecnologías

Investigación y Desarrollo por **2.5m USD**/año

**50** staff & asociados

Basada en **Orkney**

Formada en el año **2000**



# AQUATERA LIMITED

Consultores ambientales y de energías marinas renovables con base en Orkney, UK.

Experiencia en trabajos en gas y petróleo. Más de 12 años de experiencia en energías marinas.

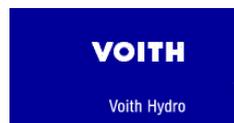
Más de 350 proyectos exitosos con 30+ desarrolladores tecnológicos en energías marinas y con 10+ proveedores de electricidad.

Rango amplio de servicios:

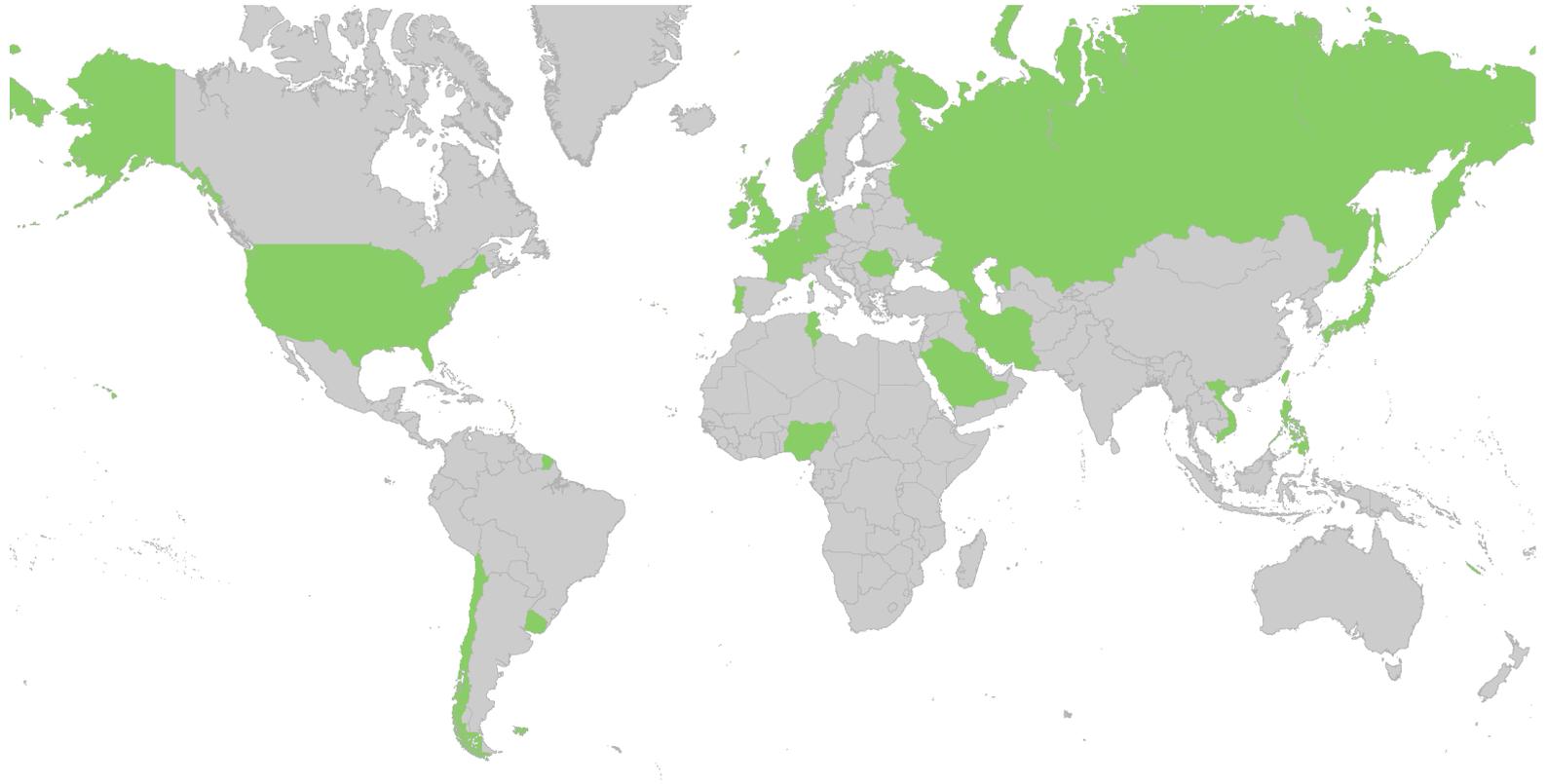
- Evaluación de impactos ambientales.
- Estudios de factibilidad.
- Apoyo tecnológico y operacional.
- Planificación estratégica.
- Análisis comercial y político en energía y medio ambiente.



# ALGUNOS DE NUESTROS CLIENTES



# NUESTROS PROYECTOS



aquatera



# LA EXPERIENCIA EN ESCOCIA

Importantes recursos energéticos en el mar (viento, olas y mareas).

Planificación de largo plazo para el desarrollo de la industria.

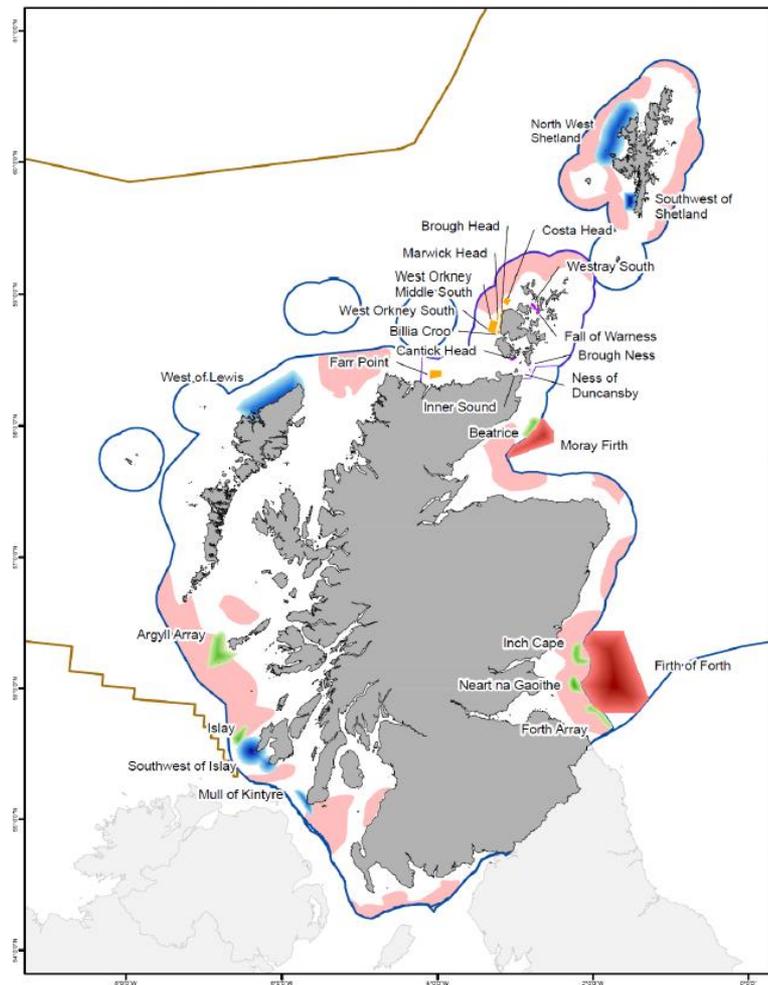
Incentivos para la instalación de proyectos de renovables (ROC's).

Meta de 100% de electricidad con renovables (Escocia).

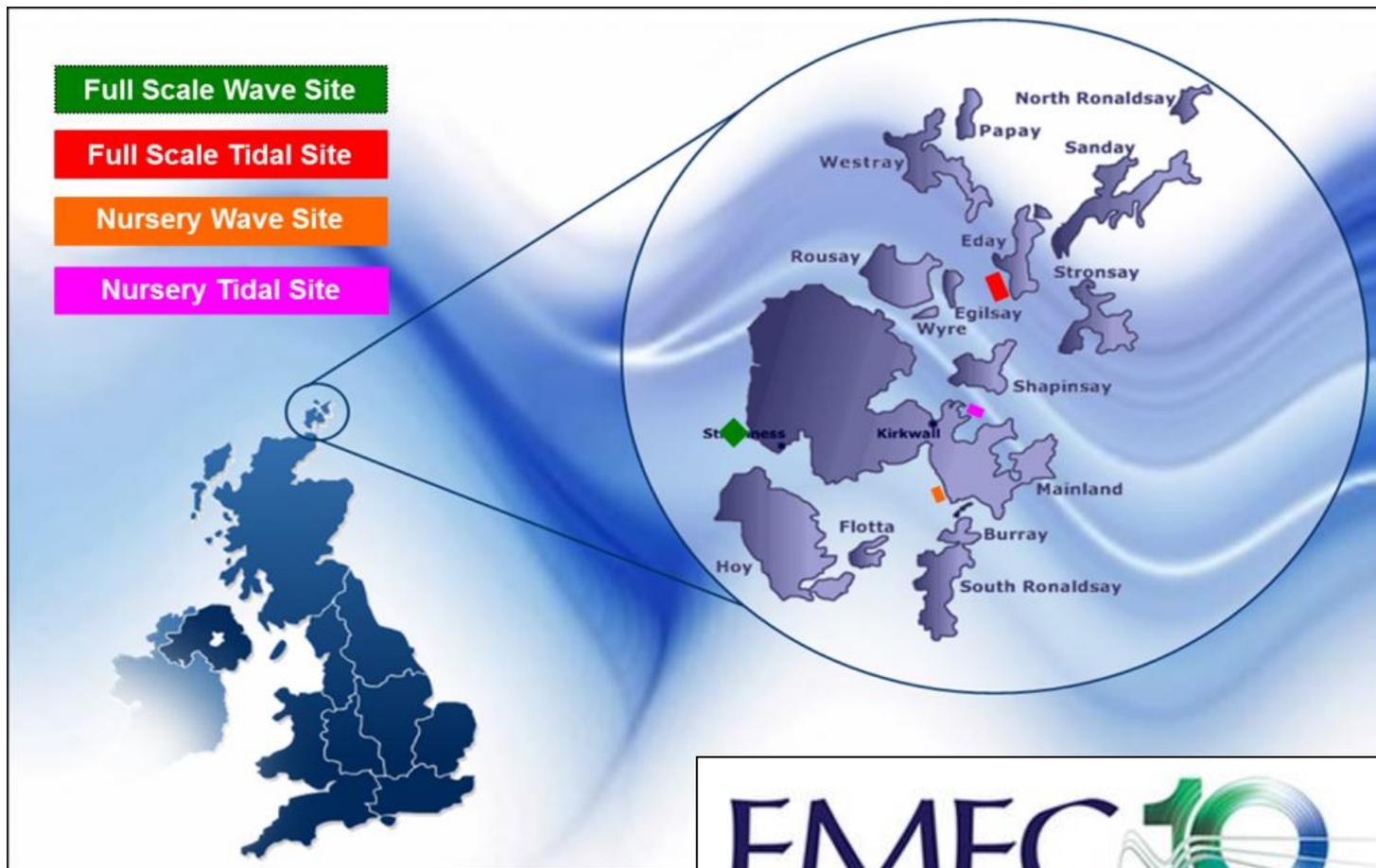
Creación del EMEC.



## Scottish Marine Renewables - Overview



# CENTRO EUROPEO DE ENERGÍAS MARINAS



**EMEC** 10

TEN YEARS OF MARINE ENERGY EXPERIENCE

aquatera



# EXPERIENCIA EN ORKNEY

Primeras instalaciones undimotrices:  
Wave Roller y Pelamis 1 (2003-5)

Primeras instalaciones mareomotrices:  
Open Hydro, piled /gravity base (2006/7)  
TGL (desde 2007)

Más instalaciones undimotrices:  
Aquamarine Oyster 1 (2009)  
EON (Pelamis 2) (2010)

Más tecnologías mareomotrices:  
Atlantis (2010)  
Voith monopile (2010/11)

Rápido crecimiento en dos años:  
Wello Oy Penguin (2011)  
Aquamarine Oyster 2 (2011)  
Scotrenewables (2011)  
Flumill (2011)  
Hammerfest Strom (2011)  
Scottish Power (Pelamis 2) (2011)  
Seatricity (2012)



**16 instalaciones tecnológicas que han involucrado mas de 20 permisos de concesiones, sobre 50 estudios oceanográficos y mas de 600 operaciones marinas.**

# TRANSFIRIENDO EXPERIENCIA A CHILE

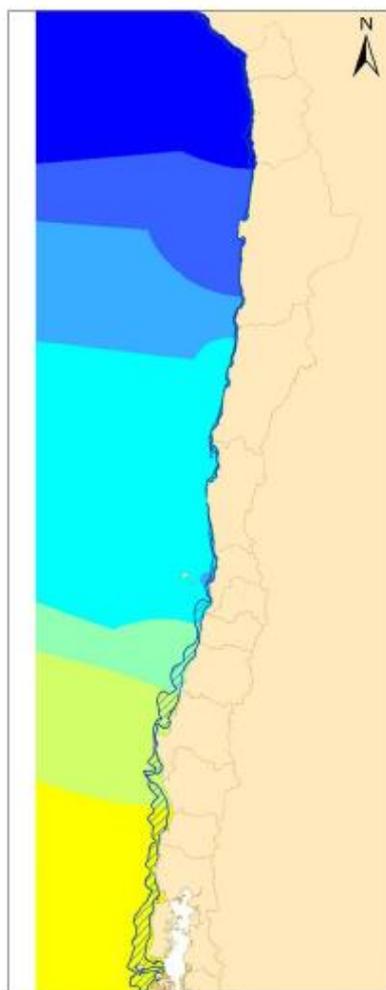
## Roadmap de Energías Marinas en Chile

- Proyecto financiado por el Prosperity Fund del Reino Unido, con el apoyo del Ministerio de Energía de Chile.
- Participaron mas de 200 empresas e instituciones en talleres de trabajo en 8 ciudades de Chile.
- Insumo esencial para formular la estrategia nacional de energías marinas

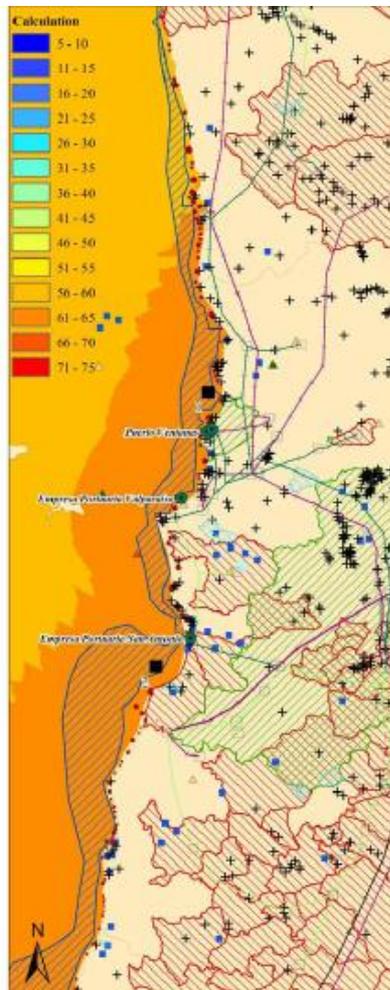
**Estrategia: desarrollar las capacidades locales que permitirán la creación de una industria de energías marinas en el largo plazo.**



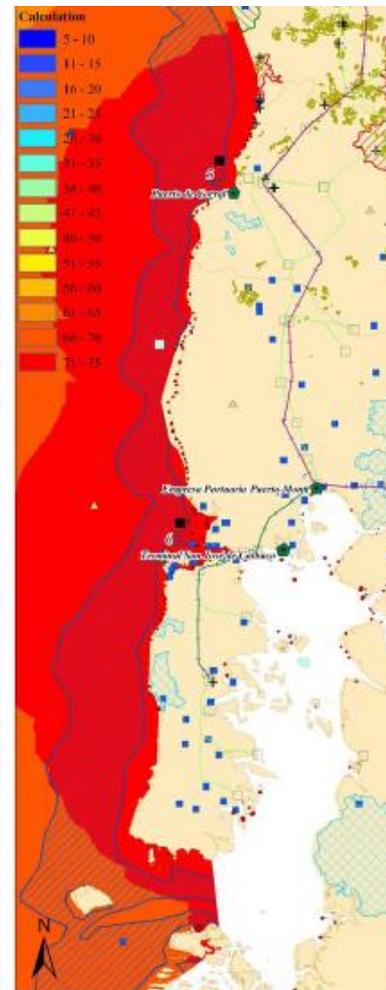
# POTENCIAL DE ENERGÍAS MARINAS



Coordinate system: WGS 84 - UTM 19S  
0 150 300 450  
Kilometers



Coordinate system: WGS 84 - UTM 19S  
0 20 40 60  
Kilometers



Coordinate system: WGS 84 - UTM 19S  
0 30 60 90  
Kilometers



## 100513 Chilean Marine Energy Resource

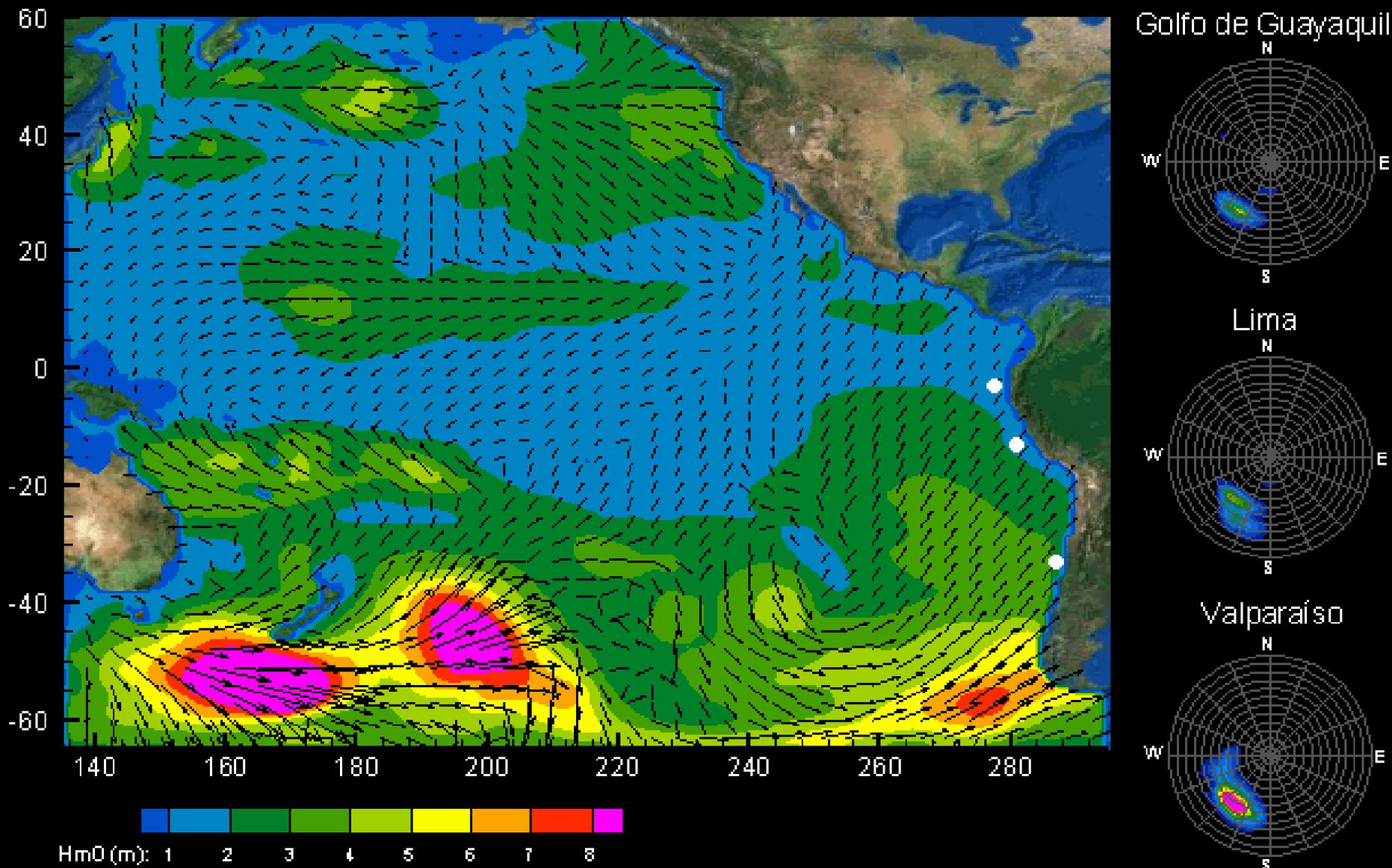
- Ports**
- Port
  - Peer
  - Electrical substations
- SIC (kV)**
- 66
  - 110
  - 220
  - 500
- Marine conservation protected areas
  - Archaeological sites
  - Wetlands
  - Sites of Special Scientific Interest
  - Protected areas
  - Indigenous communities
  - Zones of contaminated ground
  - Zones of denomination of origin
  - Zones of turistic interest
  - Fishing concessions
- Large seismic activity**
- Secondary effect
  - Destructive tsunami
  - Tsunami
  - Medium scale tsunami
  - Other
  - Bathymetry between 50m and 200m

**Estudio Garrad  
Hassan, 2009,  
Financiación BID**



# POTENCIAL DE ENERGÍAS MARINAS

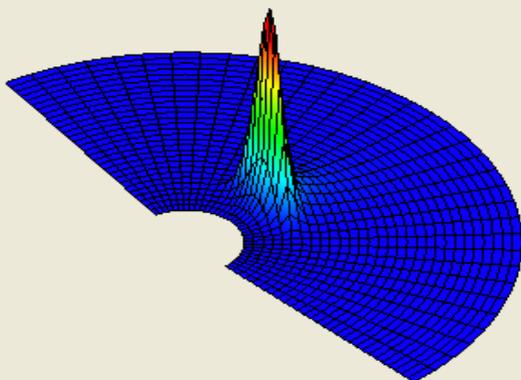
Modelación de Olas Oceánicas, Baird & Asoc. 2011



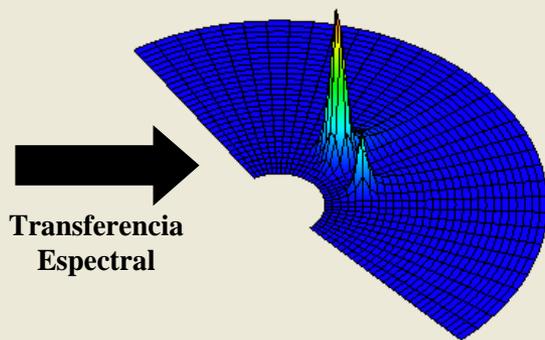
# POTENCIAL DE ENERGÍAS MARINAS

Modelación de Olas Locales, Baird & Asoc. 2011

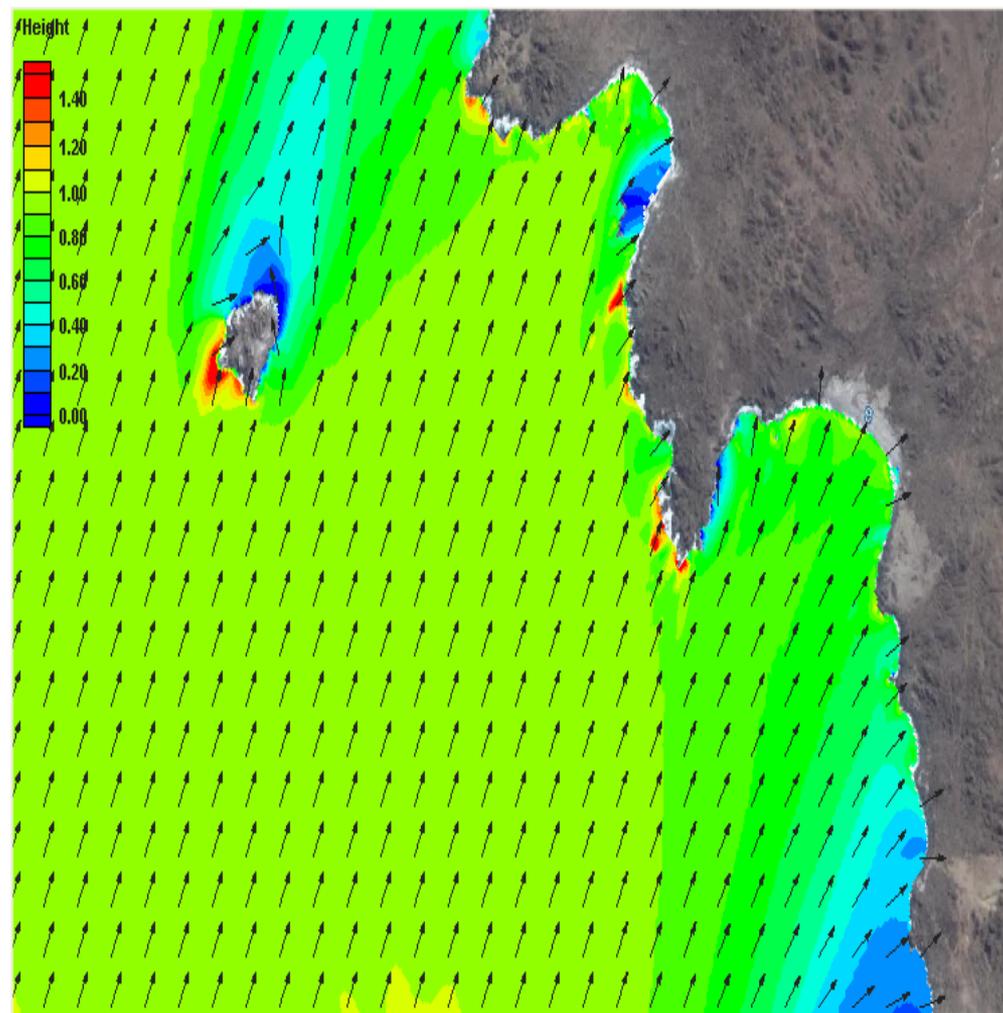
Espectro Aguas Profundas



Espectro Aguas Someras

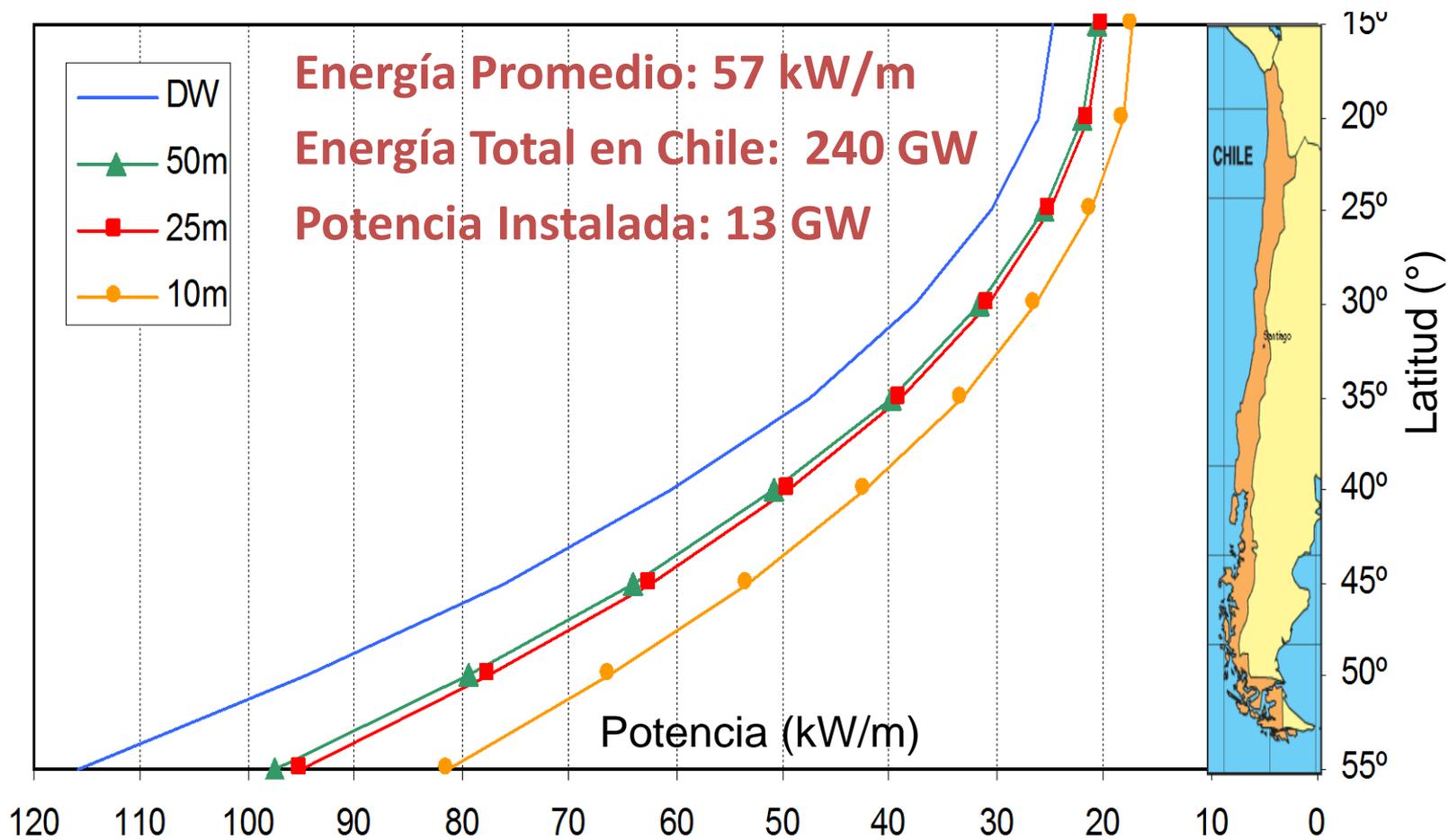


Transferencia  
Espectral



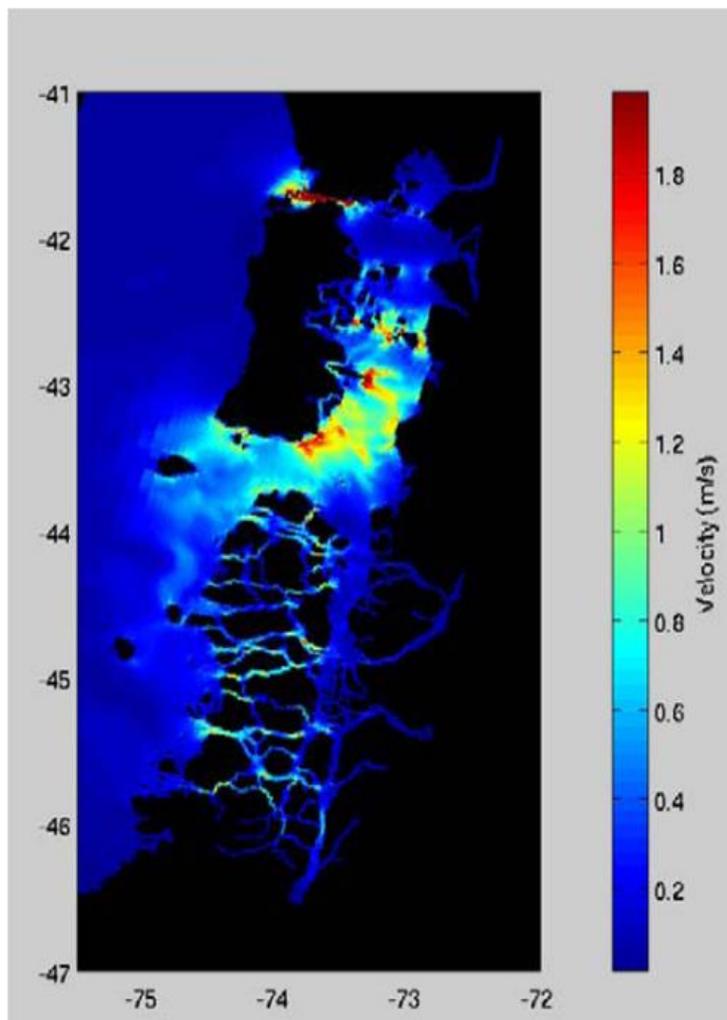
# POTENCIAL DE ENERGÍAS MARINAS

Potencial Undimotriz, Baird & Asoc. 2011



# POTENCIAL DE ENERGÍAS MARINAS

## Potencial Mareomotriz, Garrad Hassan, 2009



Puntos de interés para el desarrollo de proyectos de energía de las mareas.

Zone	Resource	Depth	Grid connection	Dist to port	Conflicts		
					Fishing	Navigation	Environment
Weighting	35%	10%	20%	20%	5%	5%	5%
Chacao channel	3	1	1.5	3	0	0	1
Apaio channel	1	0	1	1	1	0	1
Corcovado Gulf	2	1	1	0	1	1	1
Gusto mouth Chiloé SE pinnacle	1	1	0.5	0	1	1	1
Darwin channel	2	0	0	0	1	1	0
Angostura Inglesa	1	0	0	2.5	1	1	0
Gabriel channel	2	0	0	1	1	1	0
Primera Angostura (Straits of Magallanes)	3	1	0	0	1	0	1

Se requiere desarrollar estudios específicos para dimensionar el potencial de estos sitios.

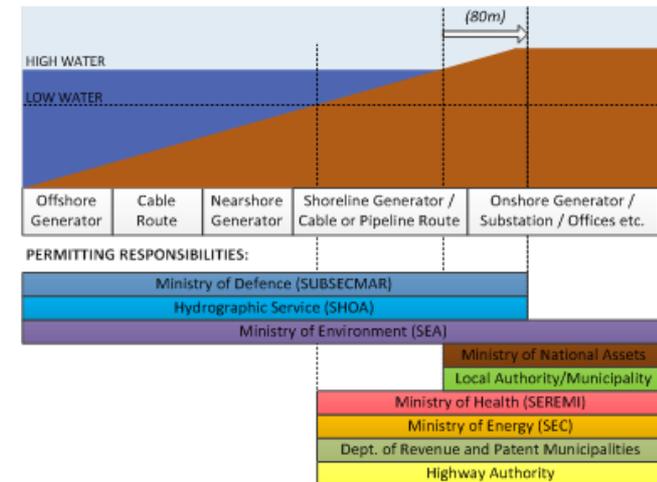
# MARCO REGULATORIO

## Permisos y Concesiones

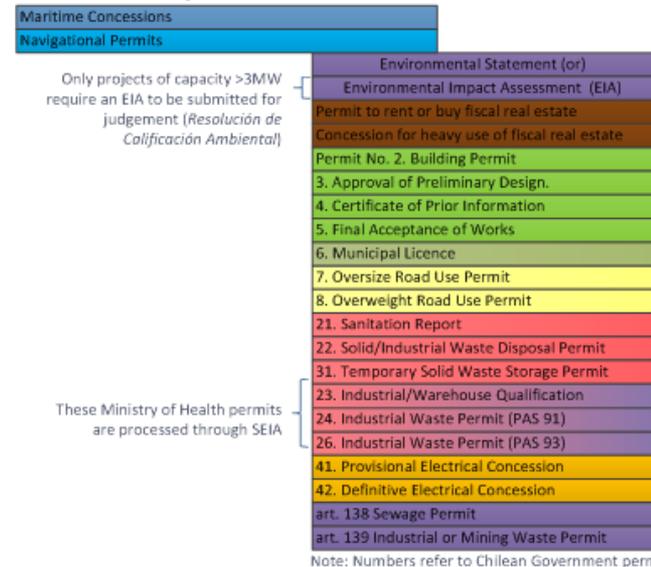
- Incertidumbre por asignación que hace la Armada y especulación
- Se requiere optimizar el sistema, llevarlo al Ministerio de Bienes Nac.
- Se requiere reservar sitios de mayor potencial para generar energía

## Evaluación Ambiental de Proyectos

- Incertidumbre por evaluación y judicialización de proyectos
- Se requiere desarrollar criterios de evaluación adecuados
- Se requiere generar información de valor para la evaluación

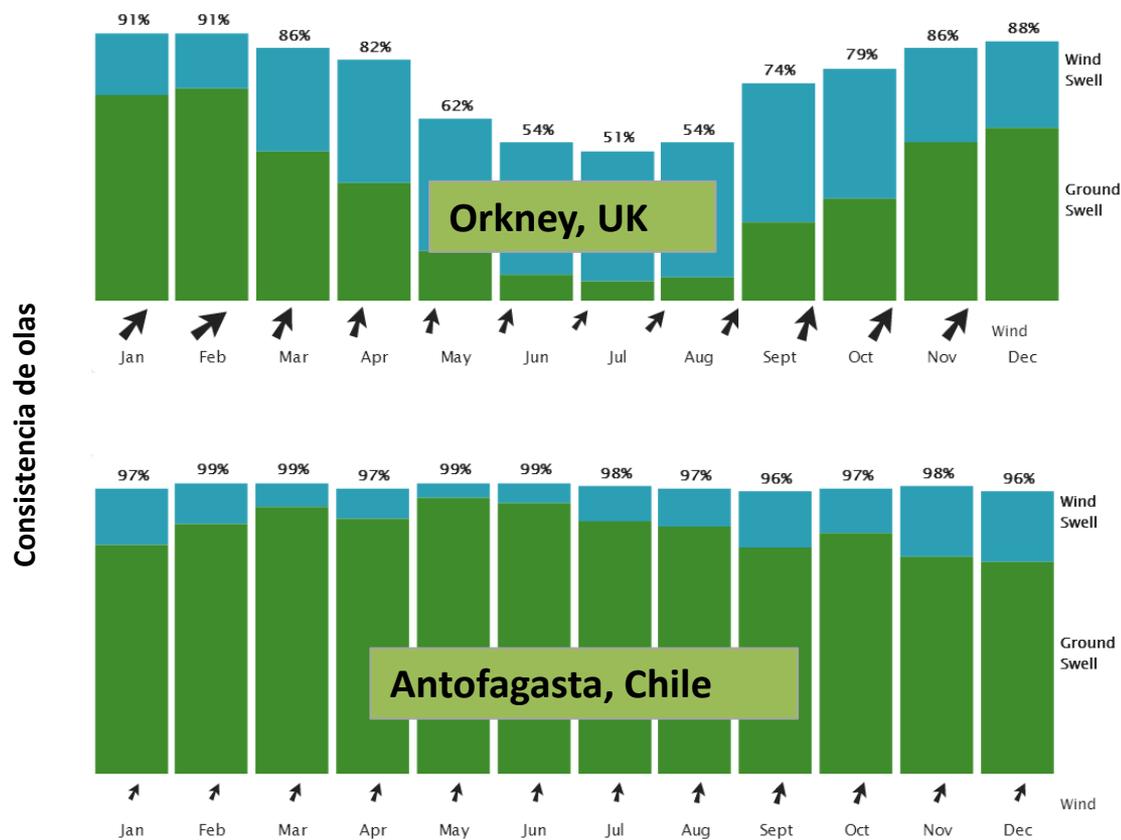


### MAIN PERMITTING REQUIREMENTS



# INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

## Adaptación Tecnológica y Reducción de Costos

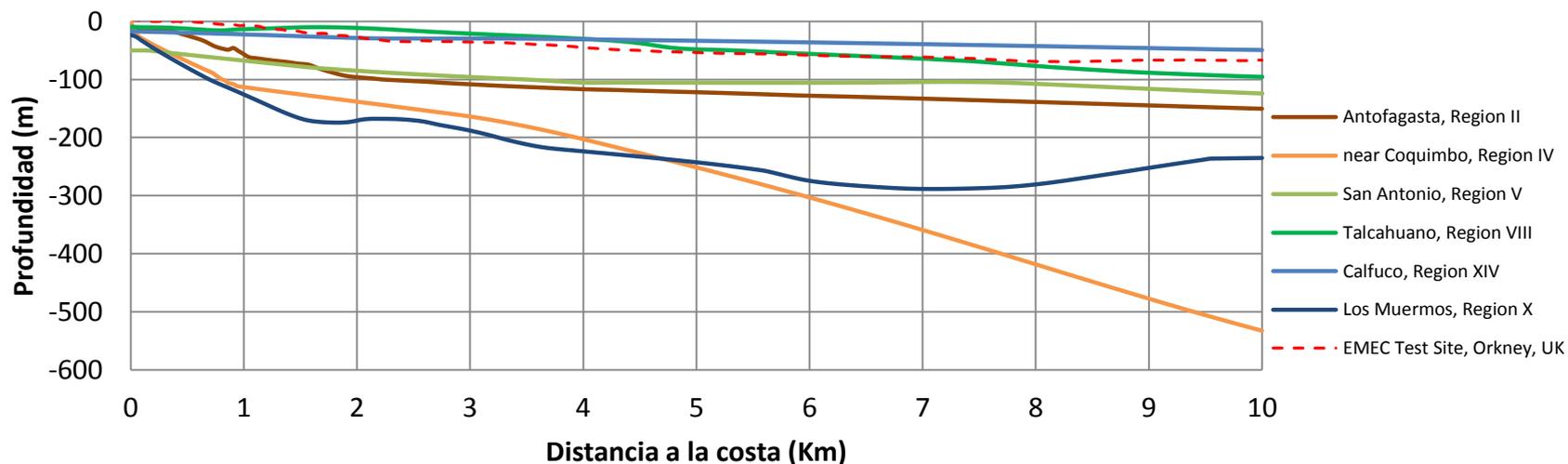


Fuente: [www.magicseaweed.com](http://www.magicseaweed.com)



# INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

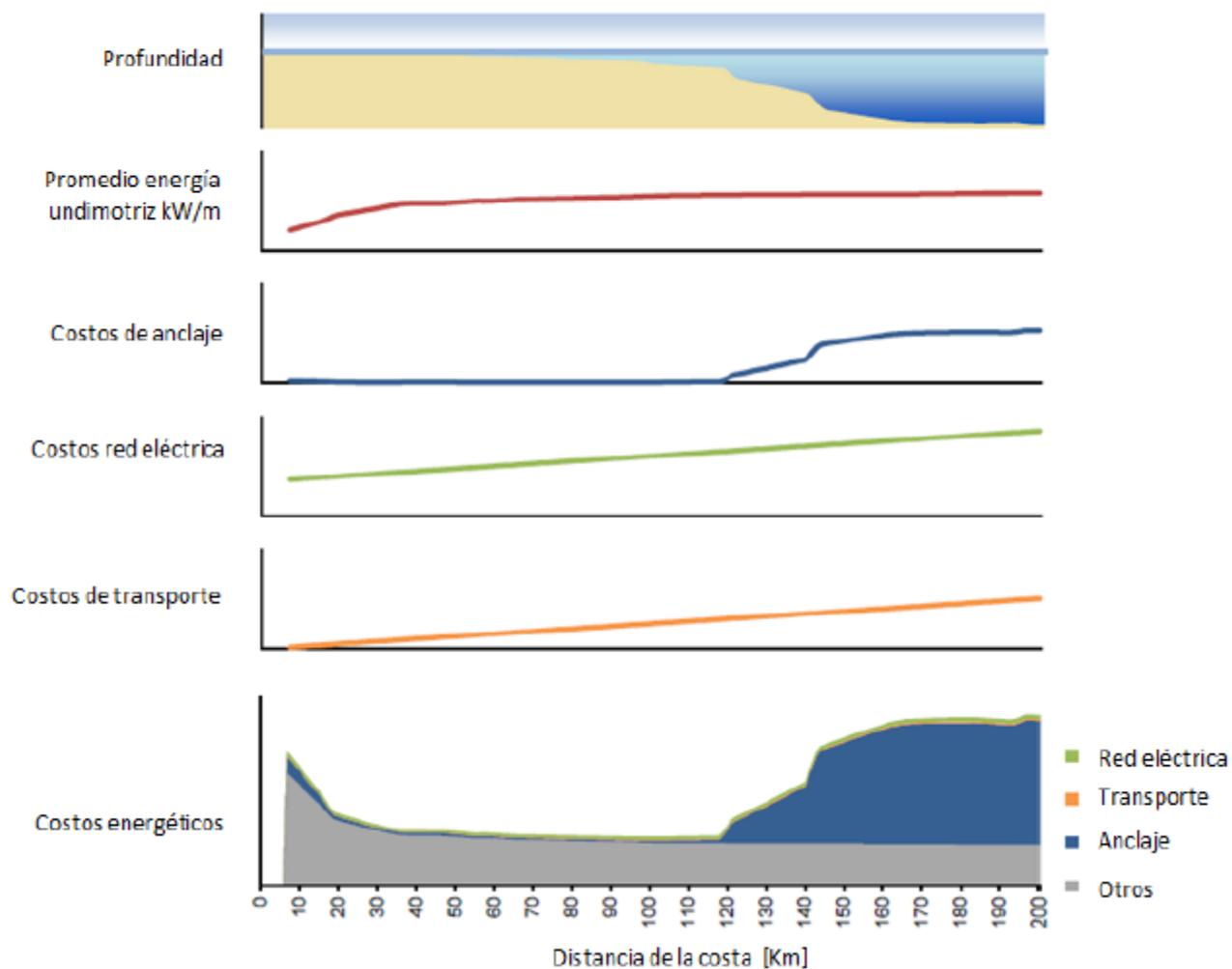
## Adaptación Tecnológica y Reducción de Costos



# INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

## Adaptación Tecnológica y Reducción de Costos

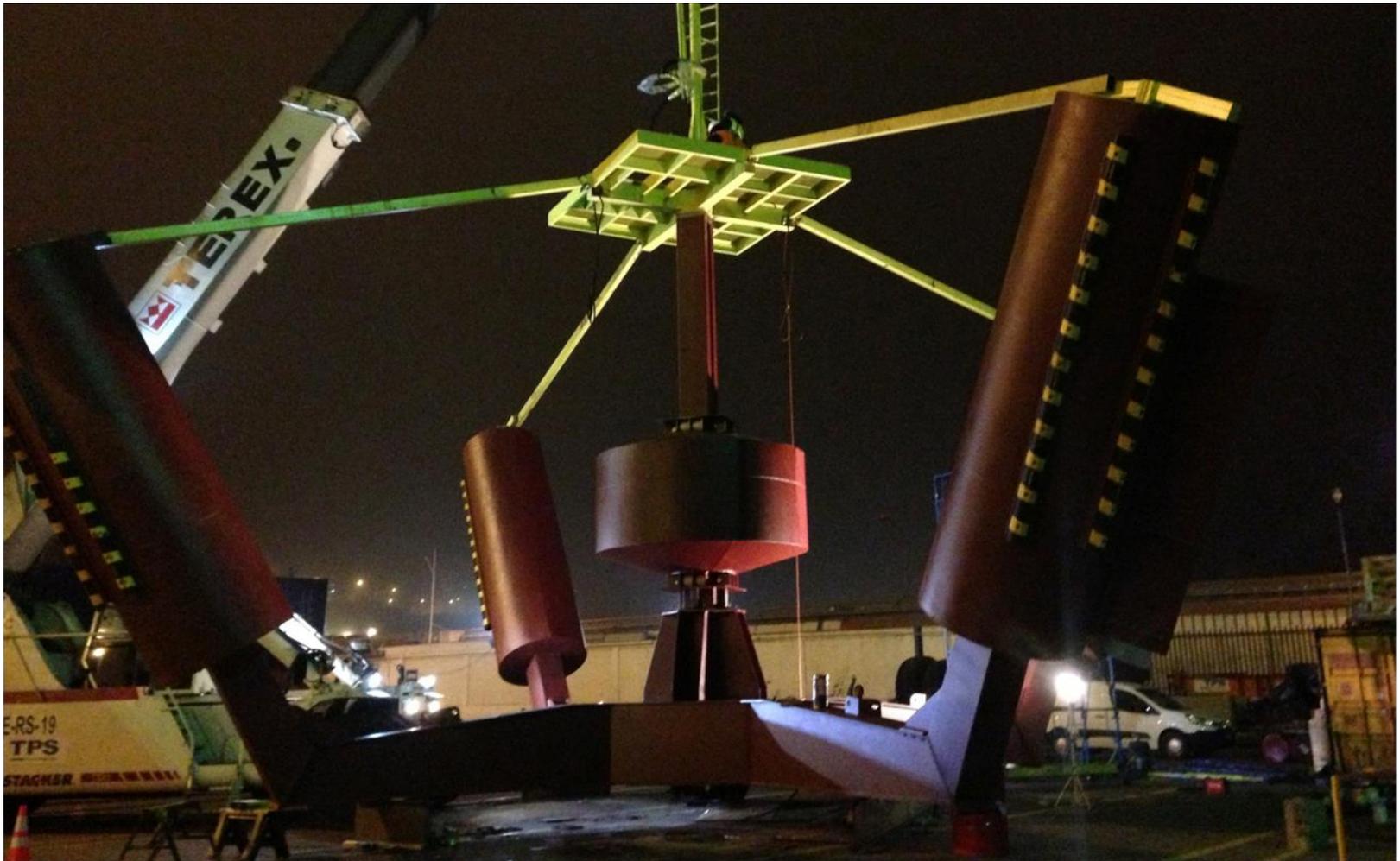
Recomendaciones para la Estrategia de Energía Marina de Chile: un plan de acción para su desarrollo



# INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

## Desarrollo Tecnológico Local

Ausind



aquatera



# INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

## Desarrollo Tecnológico Local

Ausind



aquatera



# INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

## Desarrollo Tecnológico Local

Wilefko

Universidad Santa María



# INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

## Desarrollo Tecnológico Local

DICTUC

### Maestranza Diesel



# INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

## Centro de Excelencia de Energías Marinas



MERIC

marine energy research & innovation center

- **Financiamiento Mixto. Ministerio de Energía (US\$ 13MM), BID (US\$ 1,5M) y DCNS de Francia (US\$ 8,5MM)**
- **Operación de 8 años, luego se debe autofinanciar**
- **Desarrollar I+D+i en energías marinas en asociación con universidades y empresas nacionales e internacionales**



# INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS

## Roadmap Región de Los Lagos

### Wind farms (2013) Granjas eólicas

- Operational  
En operación
- Approved  
Aprobado
- Qualification Stage  
En calificación

### Solar farms (2013) Granjas solares

- Approved  
Aprobado
- Qualification Stage  
En calificación

### Protected areas Áreas protegidas

- Protected areas  
Áreas protegidas
- Benthic protection areas  
Áreas de protección bentónicas

### Desalination Plants Plantas desalinizadoras

- Desalination Plants  
Plantas desalinizadoras

### Fishing coves Caletas pesqueras

- Fishing coves  
Caletas pesqueras
- Salmon farms  
Granjas de salmón

### Power stations Centrales eléctricas

- Thermoelectric  
Termoeléctricas
- Hydroelectric  
Hidroeléctricas
- Substations  
Subestaciones

### Power lines Líneas de transmisión eléctrica

- 33KV
- 44KV
- 66KV
- 100KV
- 110KV
- 154KV
- 220KV
- 500KV

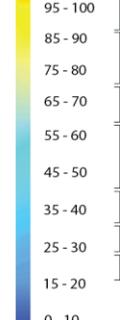
### Ports with shipyard Puertos con astillero

- Ports  
Puertos
- Mines  
Minas

### Wave power [KW/m]\* Potencia undimotriz

115 - 120  
105 - 110  
95 - 100  
85 - 90  
75 - 80  
65 - 70  
55 - 60  
45 - 50  
35 - 40  
25 - 30  
15 - 20  
0 - 10

Magallanes  
Aysén  
Los Lagos  
Centro Sur  
Centro  
Norte Chico  
Norte Grande



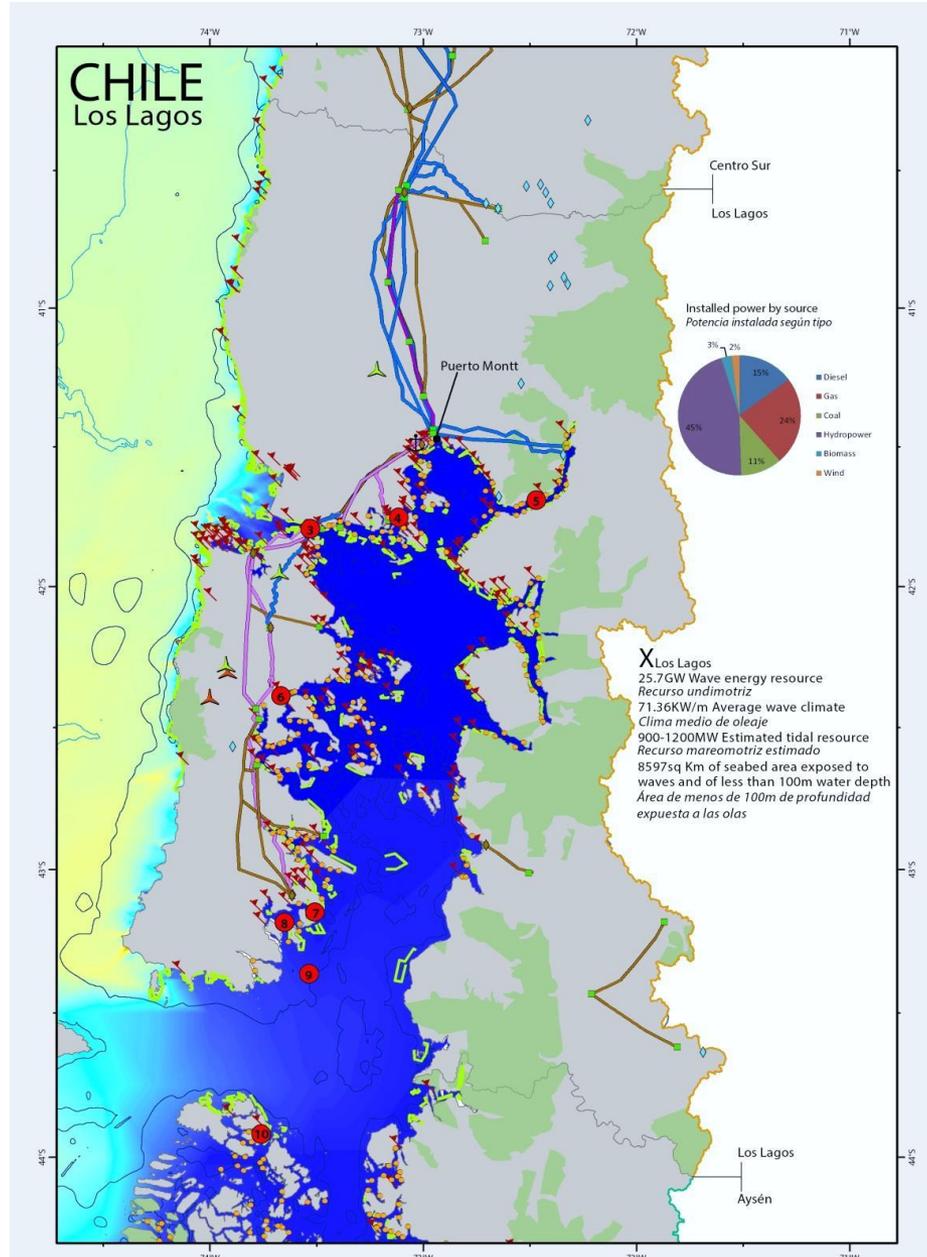
### Bathymetry Batimetría

- 100m
- 1000m

### Potential tidal energy sites Sitios potenciales para energía mareomotriz

Location/Localización	Flow/Flujo (m/s)	
	Ebb tide Marea vacante	Flood tide Marea creciente
1. Robinson Crusoe	1.54	2.06
2. Isla Santa María	1.28	1.54
3. Canal de Chacao	4.63	2.57
4. Canal Calbuco	1.29	2.06
5. Estero Reloncaví	0.77	2.31
6. Canal Dalcahue	2.57	2.06
7. Bahía Quellón	0.51	2.06
8. Canal Chaiguao	0.51	2.06
9. Golfo Corcovado	0.51	2.06
10. Canal Carhunco	2.06	0.51
11. Canal Jacaf	0.51	2.57
12. Estero Elefantes	1.80	3.08
13. Angostura Inglesa	3.08	1.54
14. Angostura Kirke	4.63	6.17
15. Mal Paso	7.20	5.65
16. Canal Fitz Roy	2.16	1.54
17. Puerto Curtze	1.64	1.03
18. Isla Magdalena	1.03	2.06
19. Bahía Gente Grande	1.03	1.54
20. Segunda Angostura	2.06	2.57
21. Puerto Sara	2.06	2.57
22. Banco Tritón	1.03	2.06
23. Primera Angostura	2.57	4.11
24. Cabo Posesión	1.03	2.57
25. Punta Dungeness	1.03	2.06
26. Canal Beagle	1.03	1.54

\*5KW/m is considered the minimum wave energy level feasible for generation  
Se consideran 5KW/m como el mínimo de energía undimotriz viable para generación eléctrica

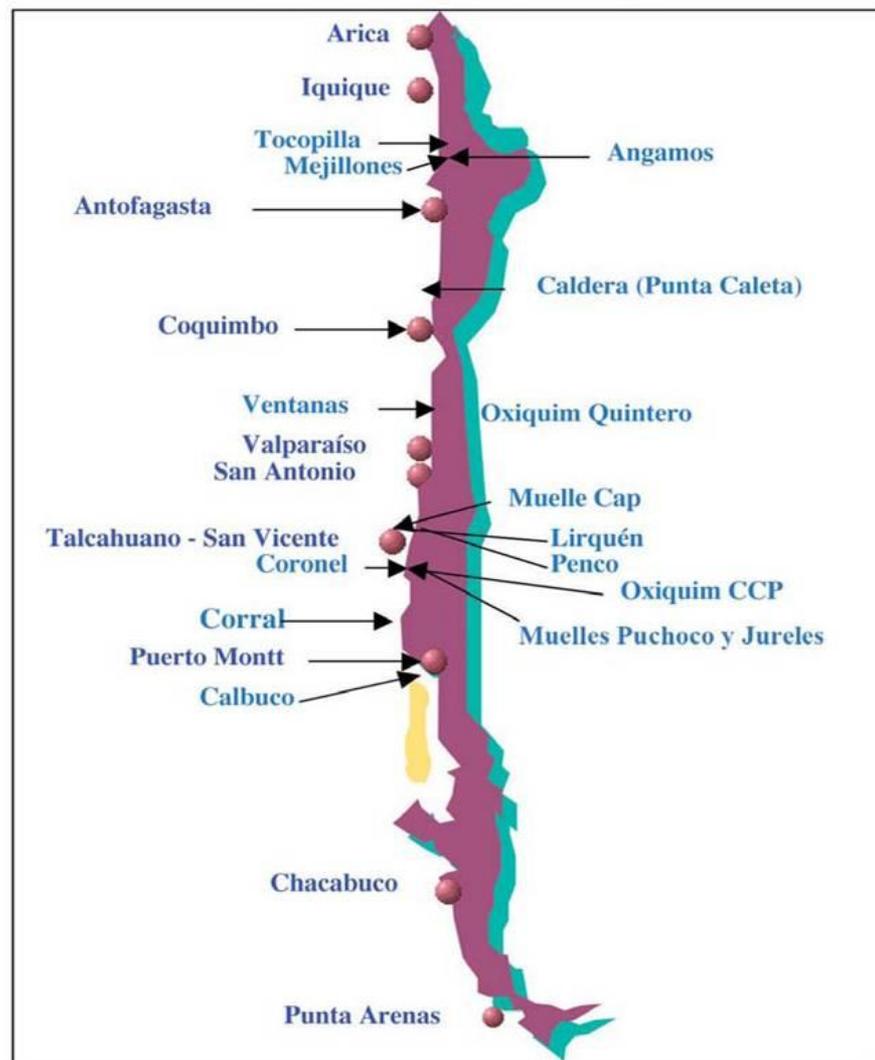


## Red de puertos de uso público (24)

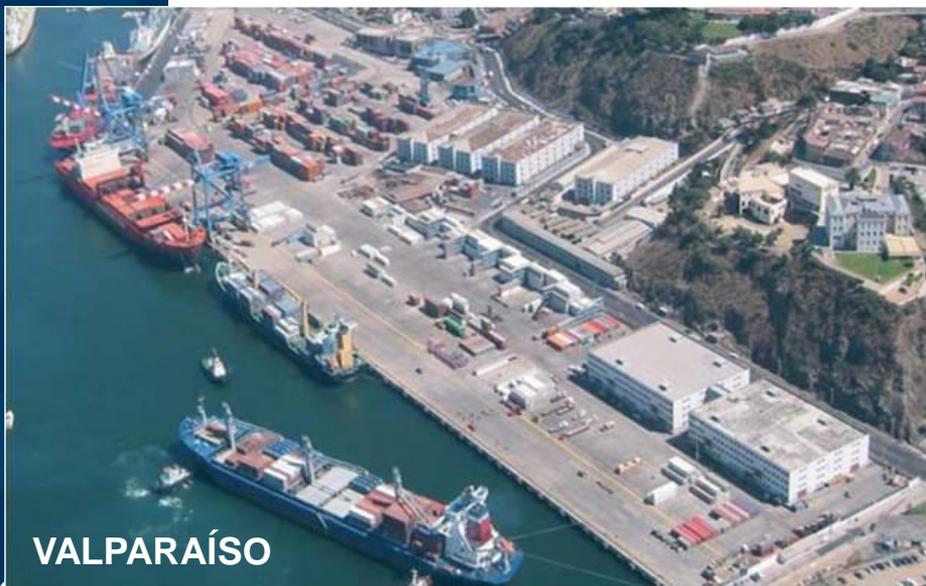
10 corresponden a empresas estatales y 14 a empresas privadas con contratos licitados

En general los puertos de uso público están diseñados para el manejo de cargas generales.

Fuente: Dirección de Obras Portuarias 2005



# INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS



# INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS



## Astilleros y Maestranzas de la Armada (ASMAR)

La construcción naval en ASMAR comienza en 1962, con una lancha aguatera para uso de la Armada.

En la actualidad cuenta con 3 astilleros navales: Valparaíso, Talcahuano y Magallanes.

Prestan servicios de construcción naval para embarcaciones de la Armada y para privados.

Prestan servicios de mantención y reparación de embarcaciones de la Armada de Chile, Armadas extranjeras, mercantes, pesqueras y de usos variados. Además presta servicios de calibración de instrumentos de navegación.

Fuente: Armada de Chile 2011



# INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS

## Instituto Nacional de Hidráulica



CLIENTES

FUNCIONES

ORGANIGRAMA

HISTORIA DEL INH



[ver video](#)

Marina y puerto de cruceros en Caleta el Momo, Iquique, I Región. Estudio de agitación en modelo físico tridimensional, escala 1:80.



[ver video](#)

Canal de Calibración de Molinetes del INH, en el cual se desarrolla un estudio en modelo físico bidimensional (2D).



Buscar



Certificación



# INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS

## Naves de Servicios Generales



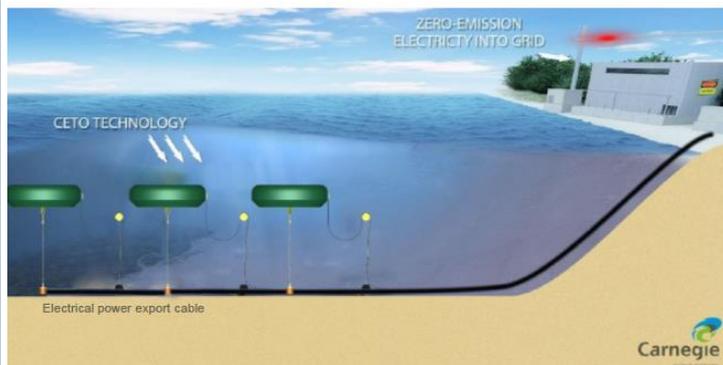
# FINANCIAMIENTO



- **Fondos existentes** han bastado para apoyar en las pruebas de prototipos a escala de algunas empresas chilenas, además de diversos proyectos universitarios y otros estudios.
- En el **mediano plazo**, existe una **potencial brecha para la instalación** de proyectos a escala real y granjas, posterior a la demostración a escala y el comienzo de los proyectos comerciales.

# MERCADOS DE CORTO PLAZO

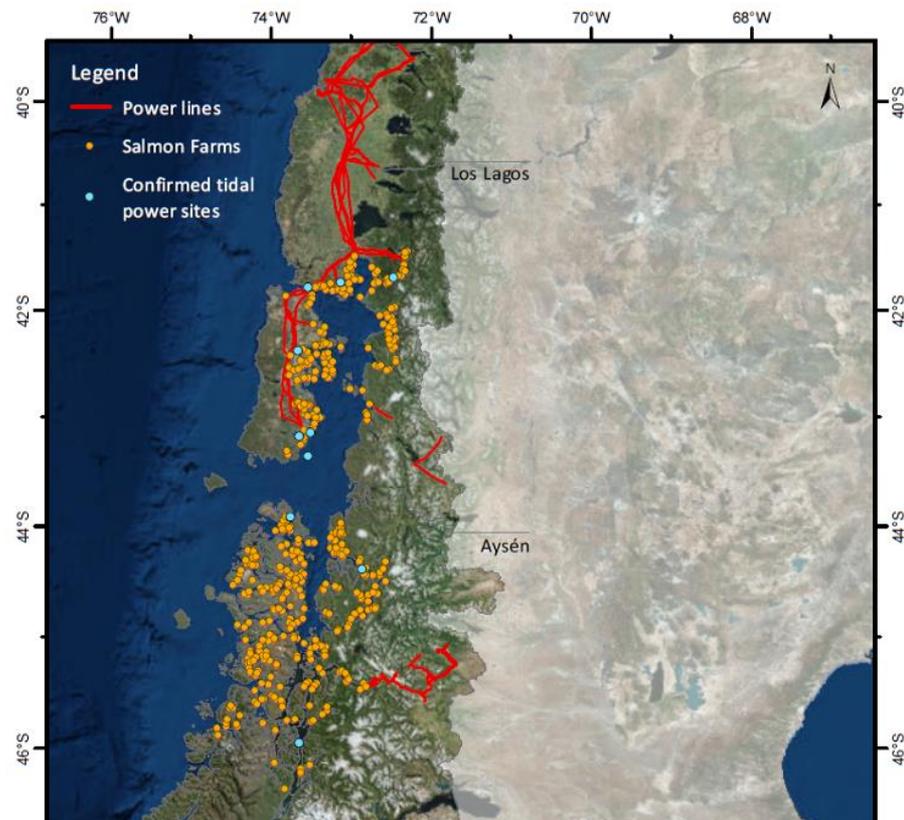
Agua a presión para minería y otras industrias - desalinización



Fuente: Carnegie

Empresa	Consumo (m <sup>3</sup> /día)
BHP Billiton	45,360
++ Minerals	6,500
Antofagasta Minerals	62,200

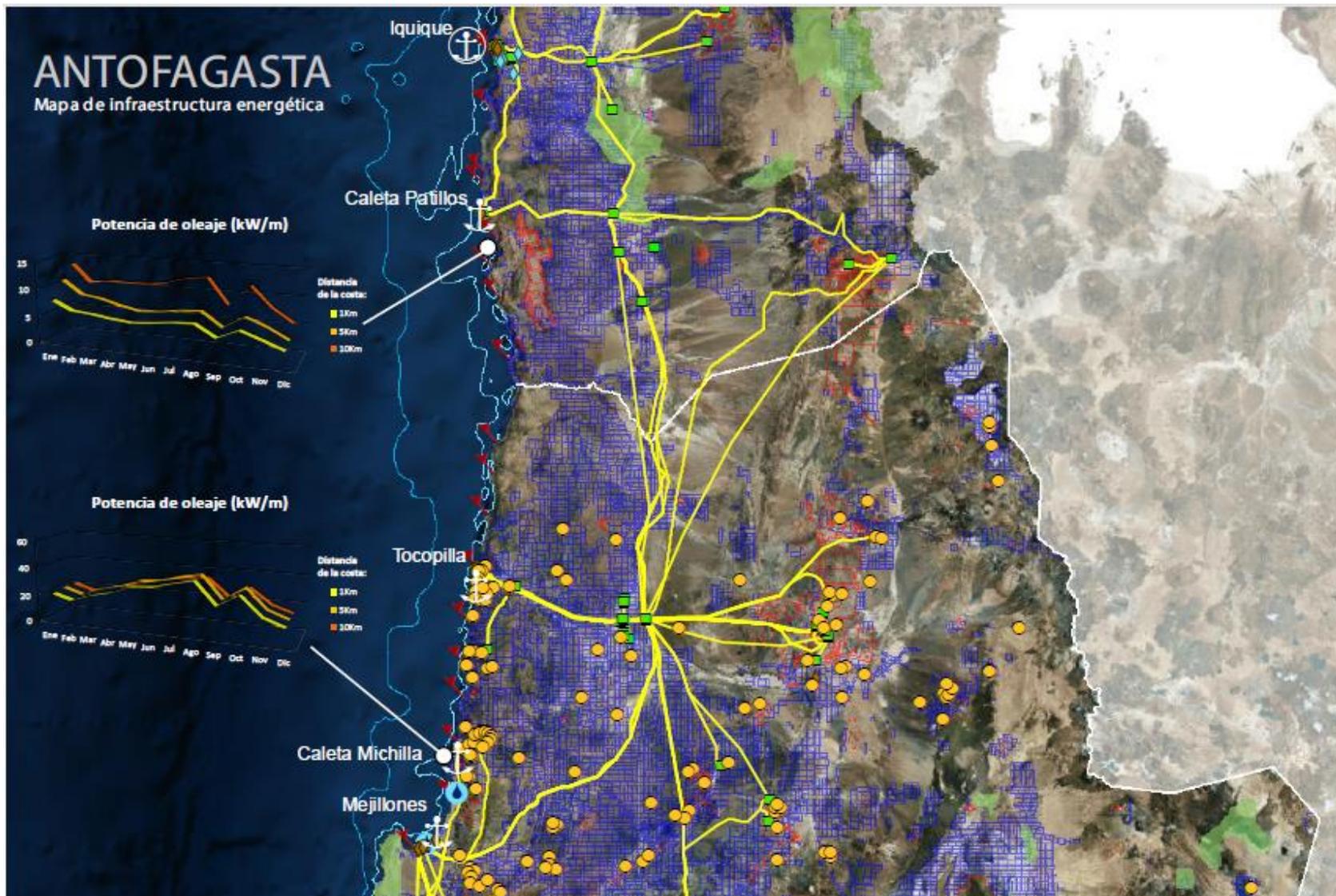
Acuicultura, comunidades – pequeña escala



Fuente: Aquatera



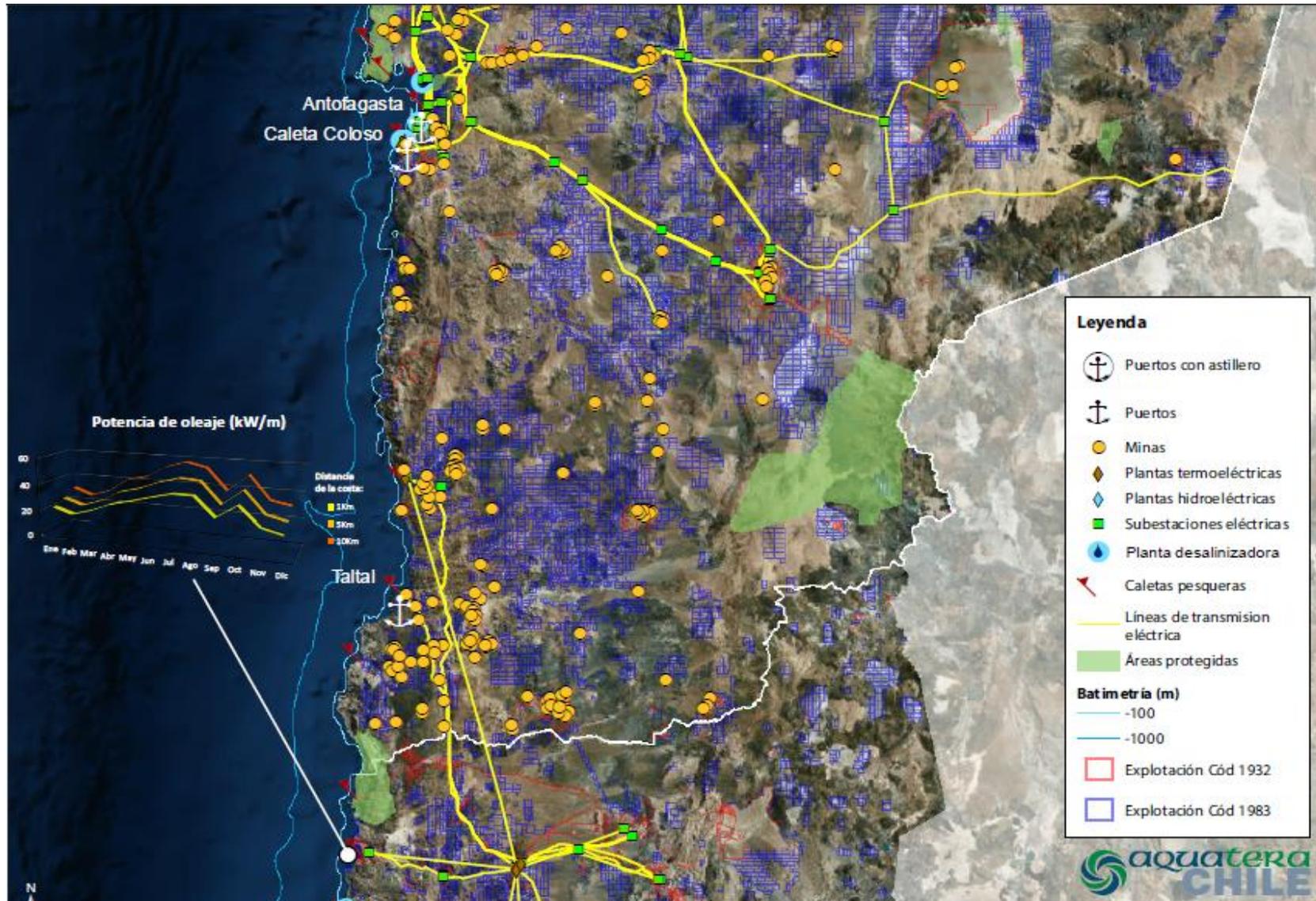
# MERCADOS DE CORTO PLAZO



aquatera



# MERCADOS DE CORTO PLAZO

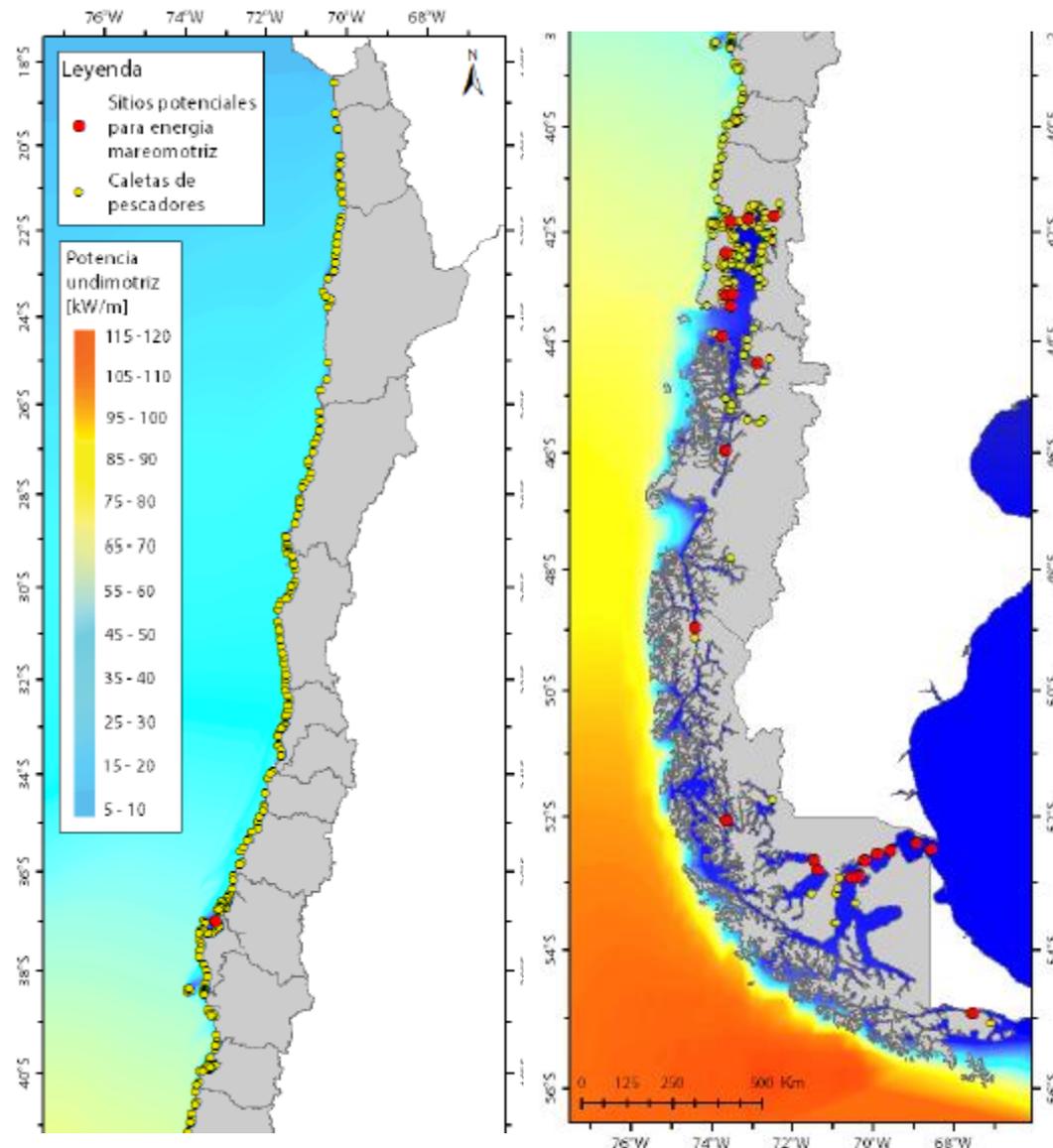


# MERCADOS DE CORTO PLAZO

Mas de 4.500 localidades aisladas en el país.

Cerca de un 40% de estas tienen problemas de suministro de agua.

Aproxidamadamente 1.000 localidades costeras con problemas de aislamiento.



# MERCADOS DE CORTO PLAZO

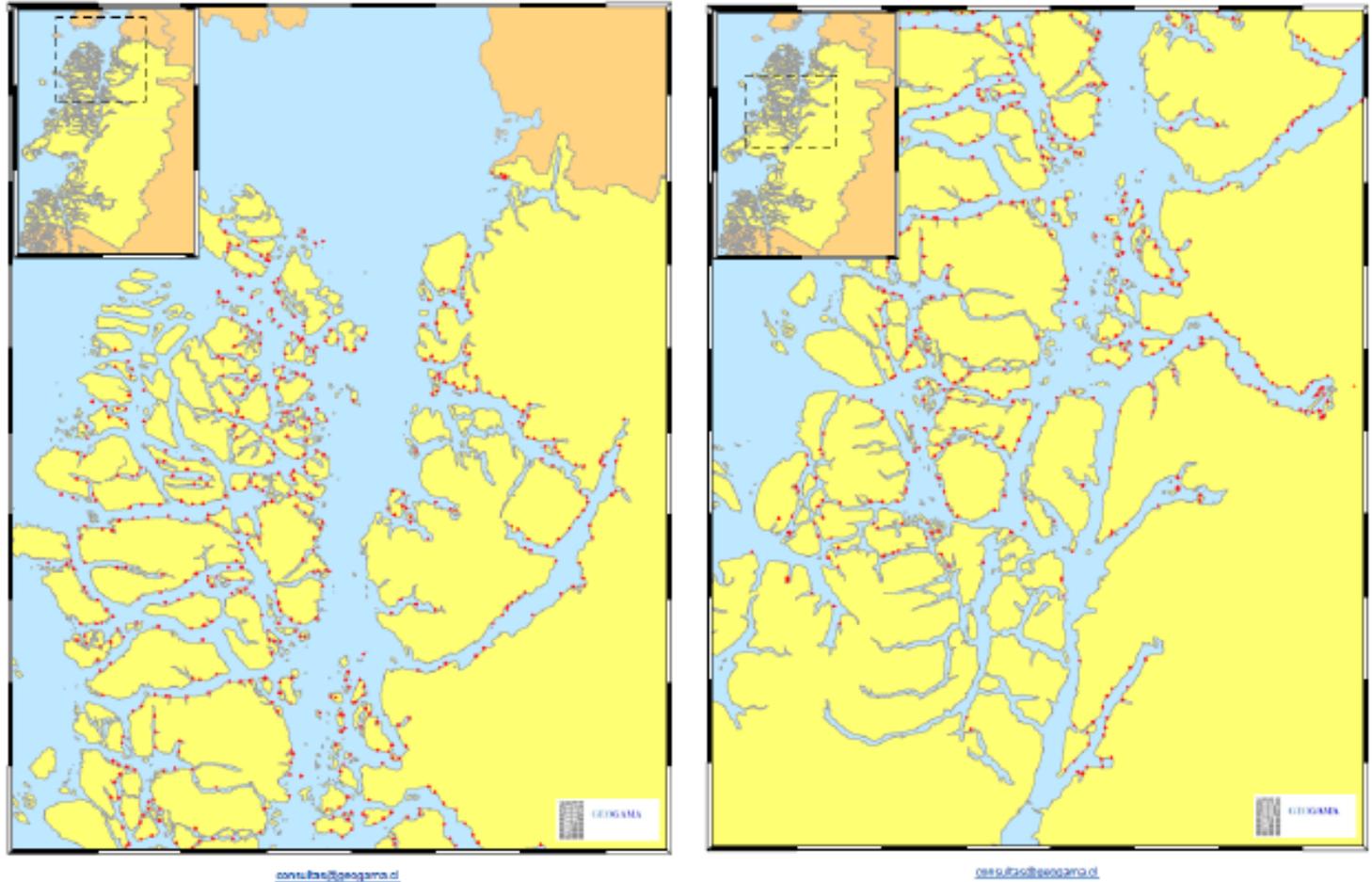
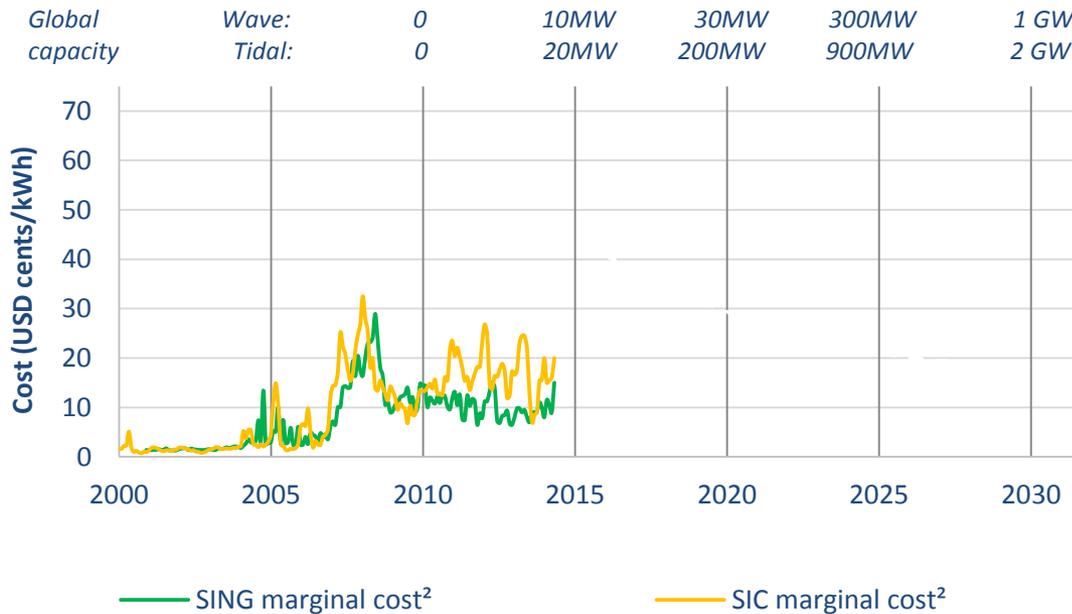


Figura 30: Ubicación de granjas salmoneras en Aysén - XI Región (Fuente: GEOGAMA)

# Costo de electricidad en redes chilenas

Mercados para energía marina:



Red eléctrica

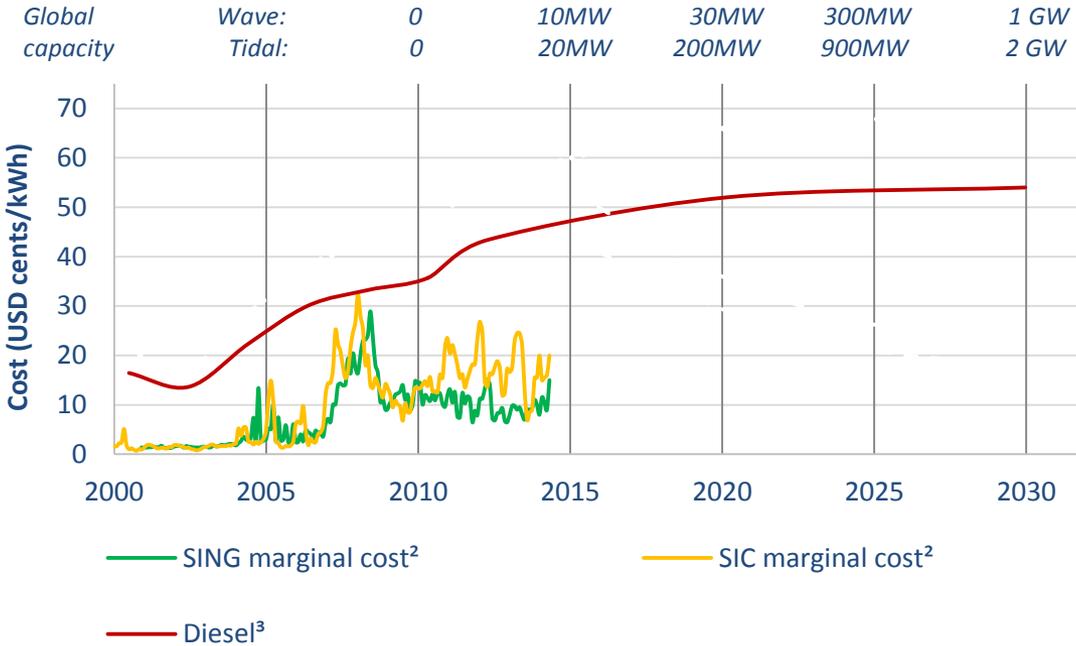
Sources:

<sup>2</sup>CNE



# Red eléctrica comparada con diésel

Mercados para energía marina:



Red eléctrica



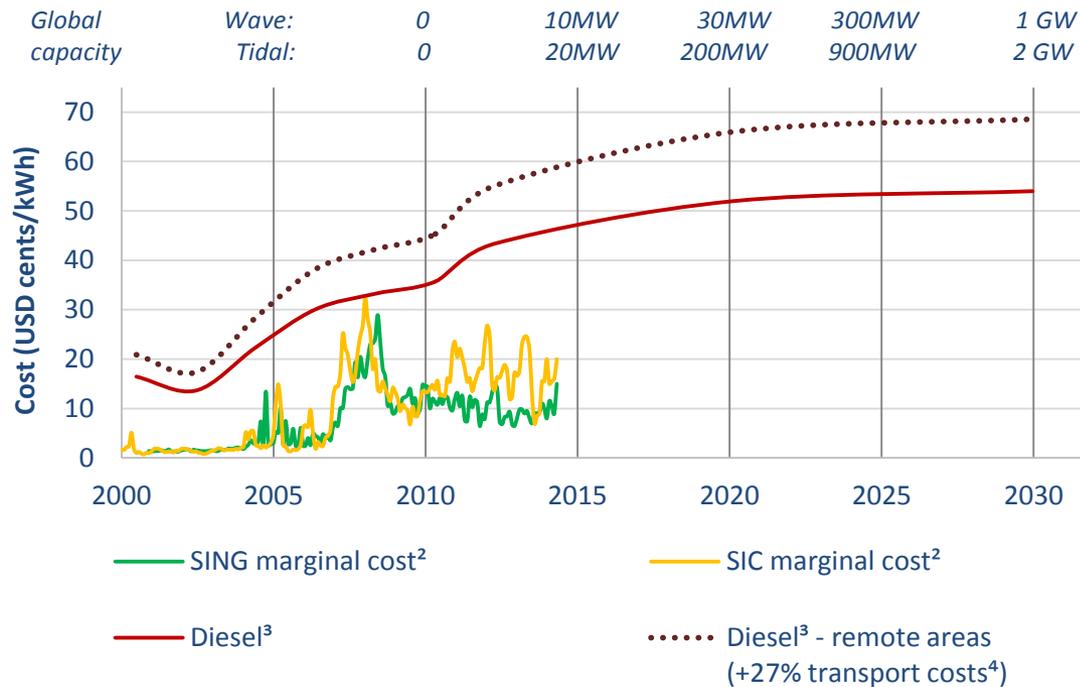
Reemplazo de diesel

Sources: <sup>2</sup>CNE; <sup>3</sup>World Bank/Bloomberg



# Generación con diésel en zonas aisladas

Mercados para energía marina:



Red eléctrica



Reemplazo de diésel



Reemplazo de diésel en zonas aisladas

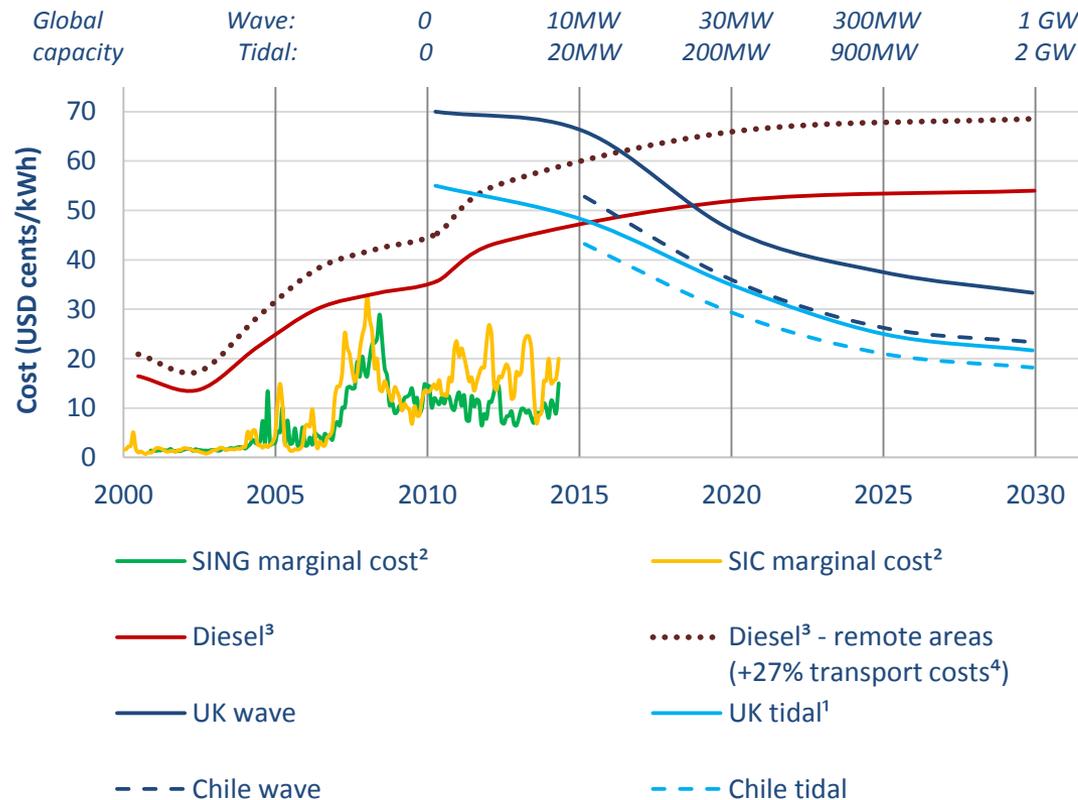
Sources:

<sup>2</sup>CNE; <sup>3</sup>World Bank/Bloomberg; <sup>4</sup>Chilean Ministry of Energy



# Costo de Desarrollo Olas y mareas

Mercados para energía marina:



Sources: <sup>1</sup>Carbon Trust; <sup>2</sup>CNE; <sup>3</sup>World Bank/Bloomberg; <sup>4</sup>Chilean Ministry of Energy



**LARGO PLAZO**  
Red eléctrica



**MEDIO PLAZO**  
Reemplazo de diésel; bombeo y desalinización de agua (minas)



**CORTO PLAZO**  
Reemplazo de diésel en zonas aisladas



# ANÁLISIS REGIONAL

	Norte	Centro	Sur	Austral
Mareomotriz escala kW (off-grid)				
Mareomotriz escala MW conectada al red				
Undimotriz escala kW (off-grid)				
Undimotriz escala MW conectada al red				
Fabricación de dispositivos				
Desalinización para comunidades				
Desal. y bombeo de agua para la minería				
Energía para comunidades aisladas				
Acuicultura (salmón)				

Clave:	Buen potencial	Cierto potencial	Bajo potencial
--------	----------------	------------------	----------------

Norte

Centro

Sur

Austral

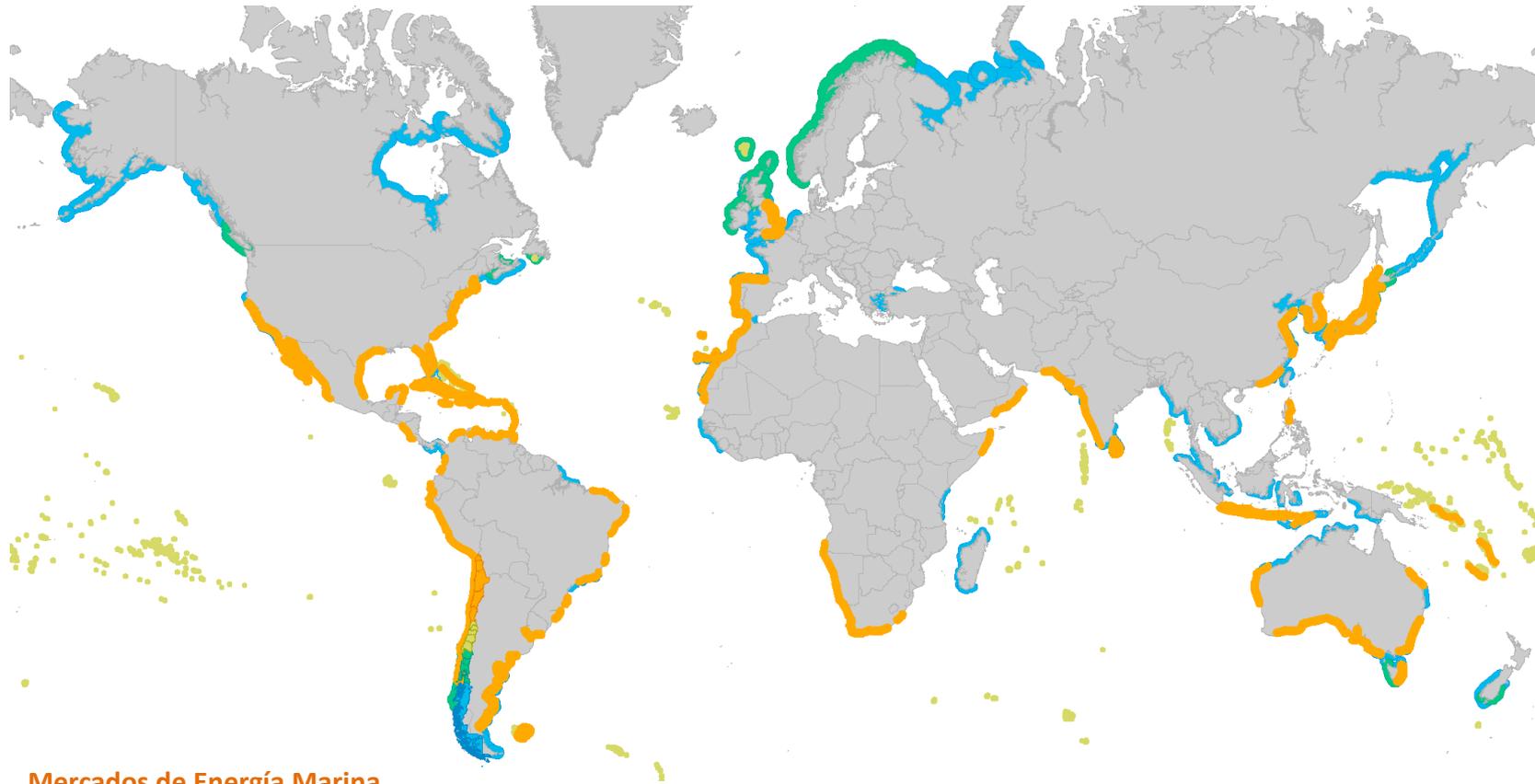


# ANÁLISIS REGIONAL

Factor	Unidades	Norte Grande	Norte Chico	Centro	Centro Sur	Los Lagos	Aysén	Magallanes	Islas en el O. Pacífico
<b>Recursos para la energía marina</b>									
Olas <sup>12</sup>	KW/m	20-25	25-31	36-41	46-61	71-87	87-111	111-120	45-60
Costa expuesta	Km	1,146	1,077	408	956	1,488	2,558	5,653	104
Area costera	Km <sup>2</sup>	5,000	3,300	2,100	18,500	8,600	21,400	238,000	650
Sitios de mareas clave	Número	0	0	0	1	7	3	14	1
Mareas <sup>16</sup>	MW	0	0	0	15	1,047	50	2,617	10
<b>Mercados energéticos</b>									
Población <sup>13</sup>	Número	1,098,453	1,023,760	9,703,548	4,453,347	856,971	106,885	159,666	6592
Red energética	Sistema	SING	SIC	SIC	SIC	SIC	Aysén	Magallanes	Ninguna
Población no conectada	%	1.7	1.9	0.4	0.5	2.4	1.5	0.5	100
Caletas pesqueras	Número	30	53	40	119	196	17	10	7
Sitios para la acuicultura	Número	23	119	1	47	2,015	490	42	0
Sitios para la minería <sup>19</sup>	Número	668	3,686	1,419	241	0	14	25	0
Red de abastecimiento de agua	% viviendas	97%	96.3%	97.5	82.0	82.2	92.6	98.3	n/a
Plantas de desalinización	Número	6	3	0	0	0	0	0	0
Demanda de agua potable	S/N	Sí	Sí	No	No	No	Sí	No	No



# MERCADOS INTERNACIONALES



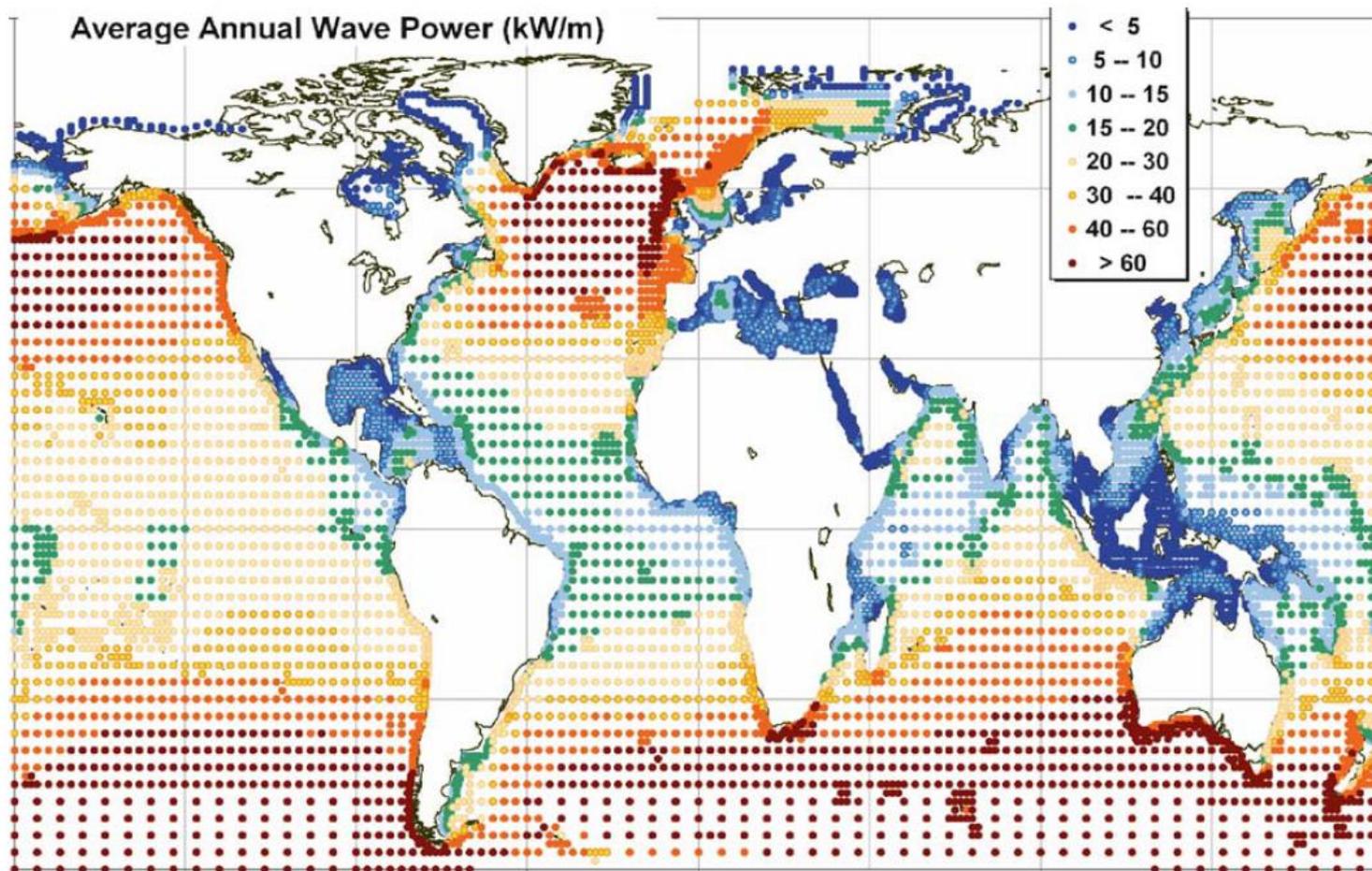
## Mercados de Energía Marina

-  Escases de agua
-  Islas Offshore
-  Zonas de cultivo de salmón
-  Potencial mareomotriz



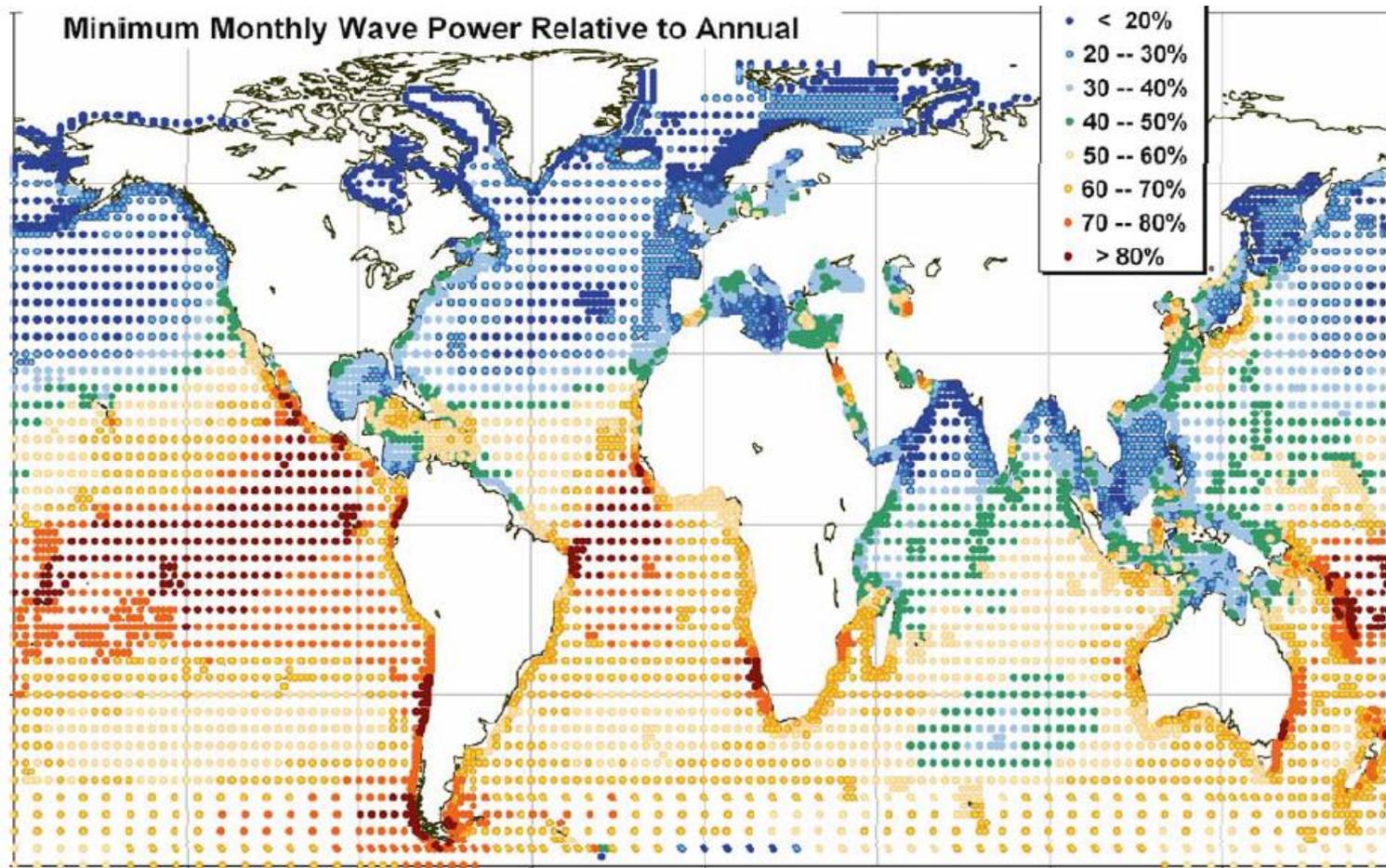
# OPORTUNIDADES DE DESARROLLO

## POTENCIAL DE OLAS PROMEDIO ANUAL



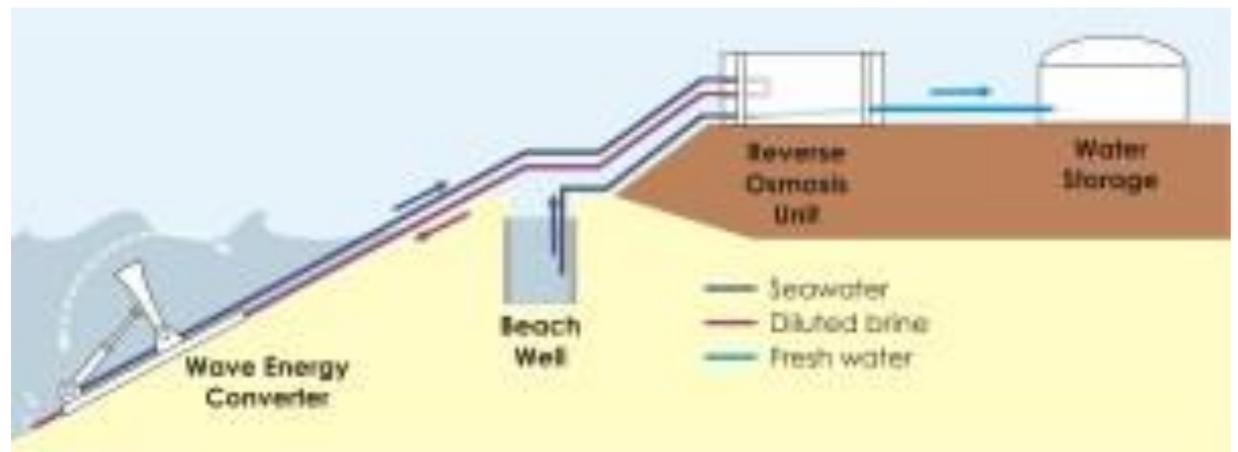
# OPORTUNIDADES DE DESARROLLO

## POTENCIAL DE OLAS MINIMO MENSUAL RESPECTO A ANUAL



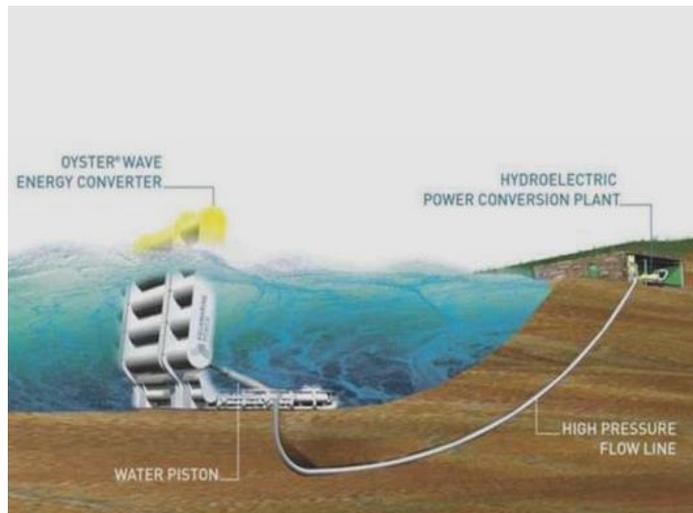
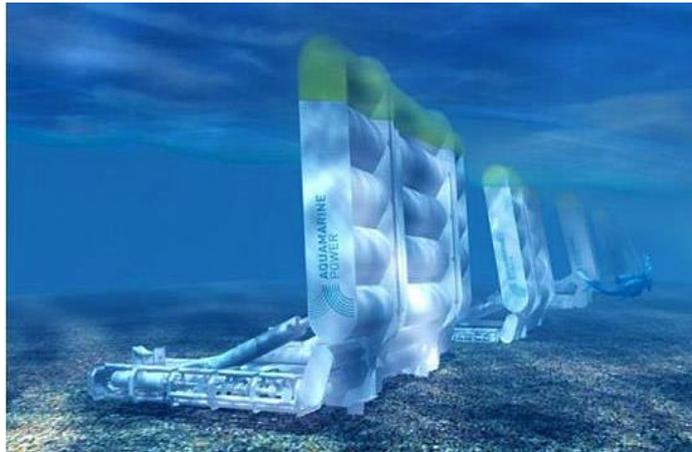
# OPORTUNIDADES DE DESARROLLO

## Desalinización de Agua



# OPORTUNIDADES DE DESARROLLO

## Desalinización de Agua



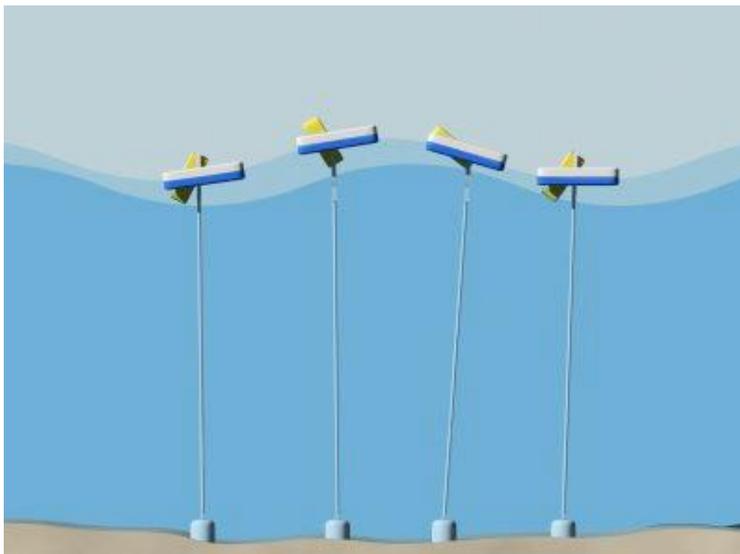
# OPORTUNIDADES DE DESARROLLO

## Desalinización de Agua



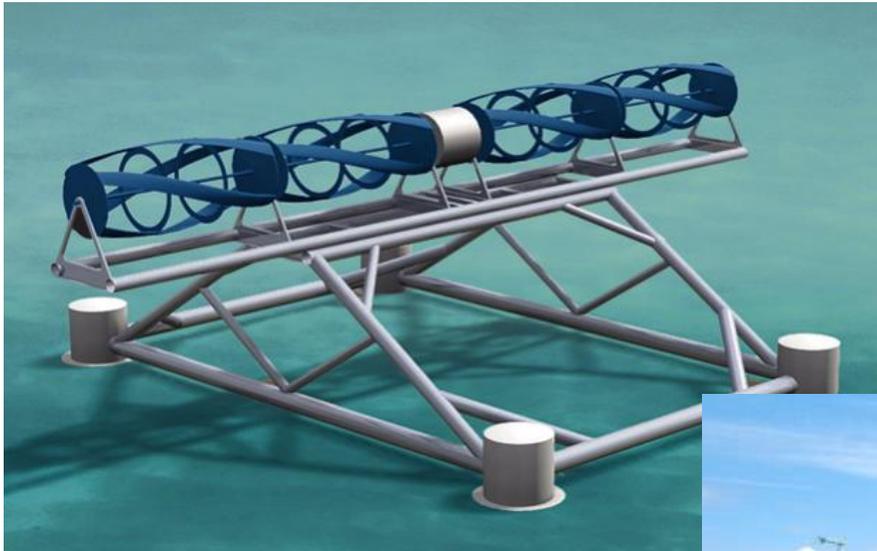
# OPORTUNIDADES DE DESARROLLO

## Energía para Localidades Remotas



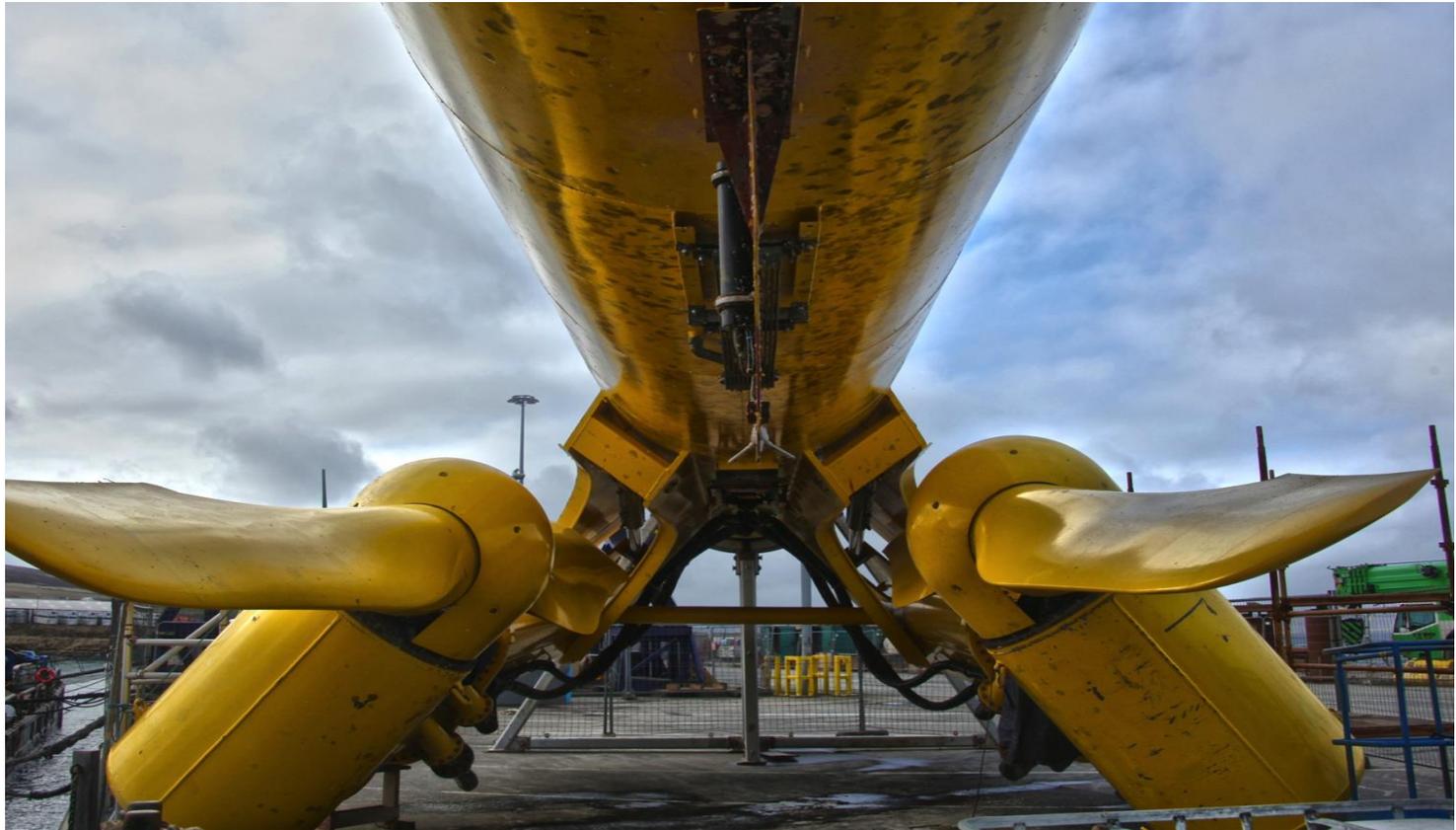
# OPORTUNIDADES DE DESARROLLO

## Equipos Mareomotrices Adaptados a Ríos



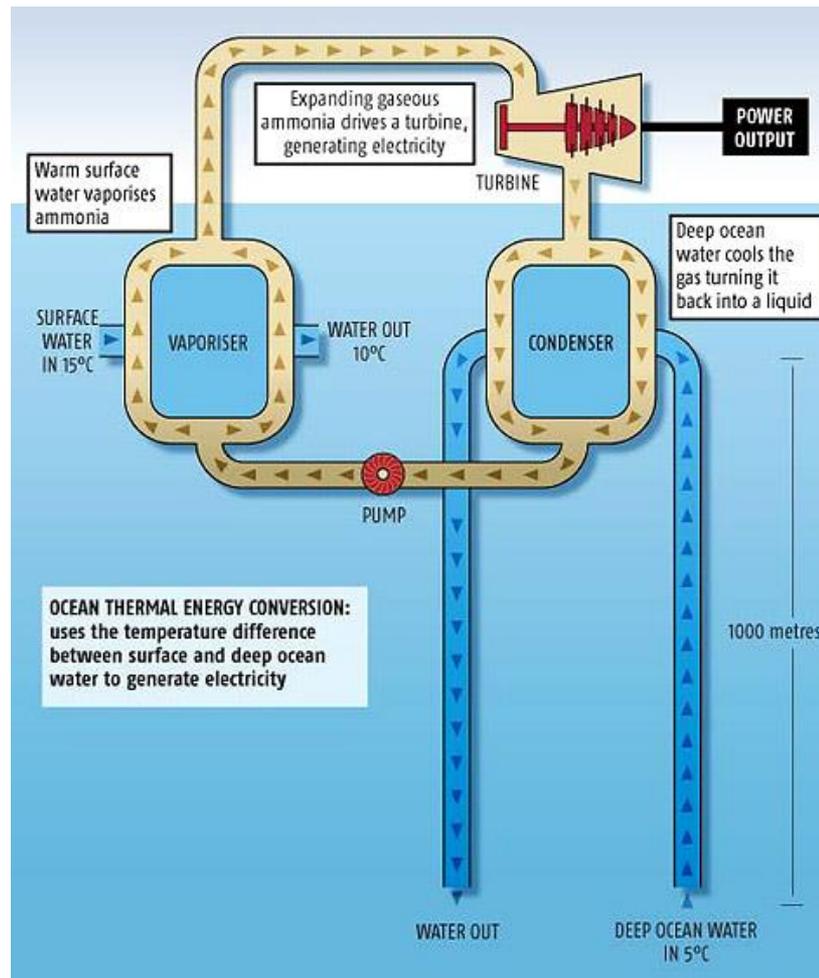
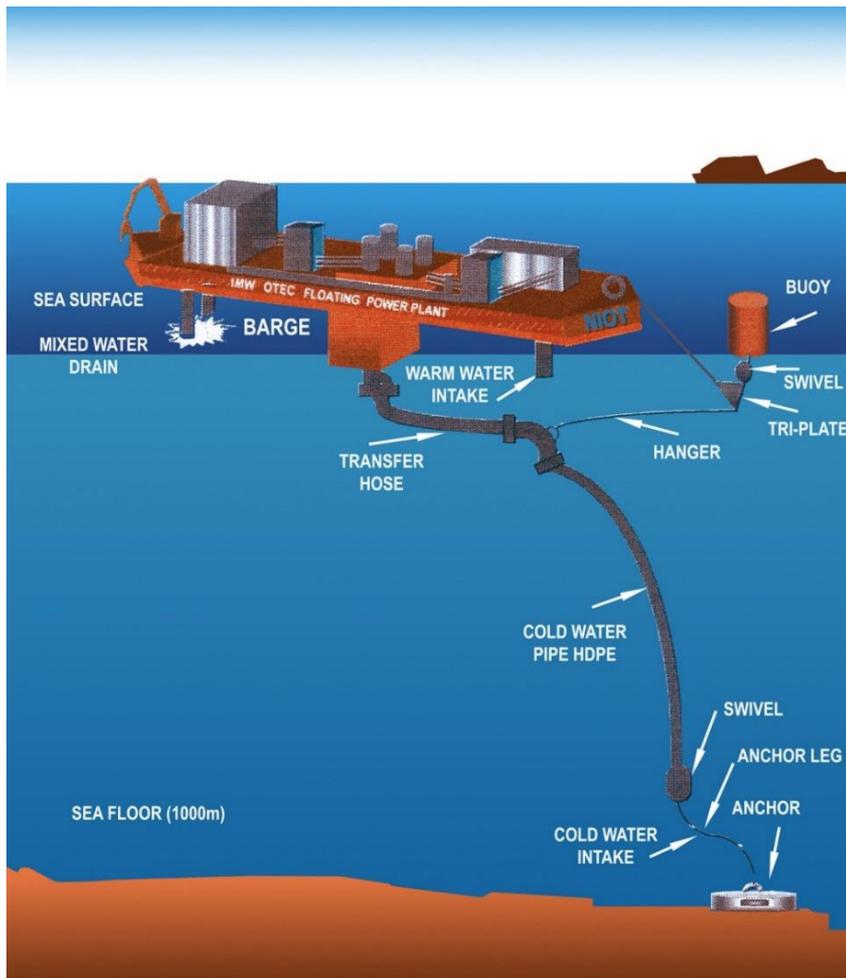
# OPORTUNIDADES DE DESARROLLO

## Equipos Mareomotrices Adaptados a Ríos



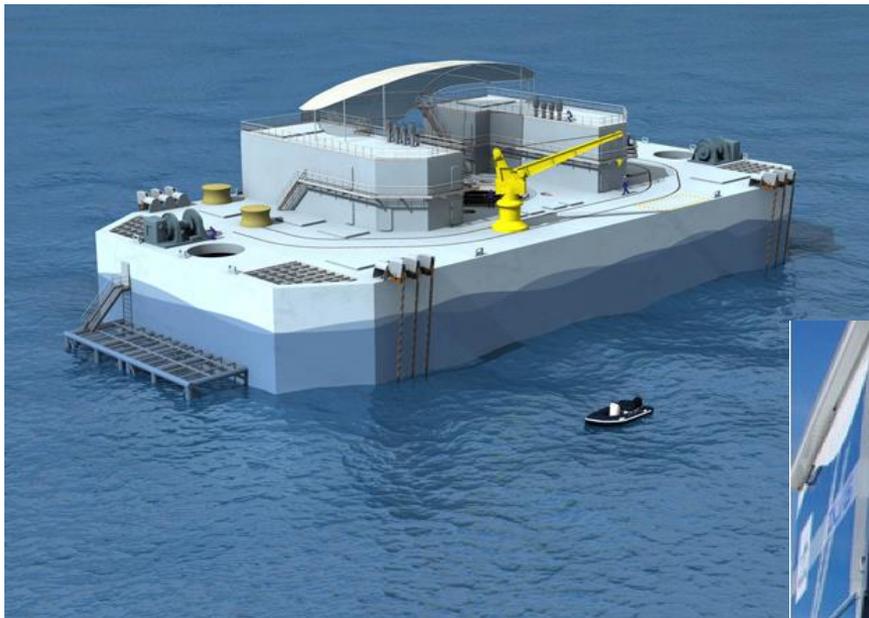
# OPORTUNIDADES DE DESARROLLO

## Equipos de Gradientes Térmicos



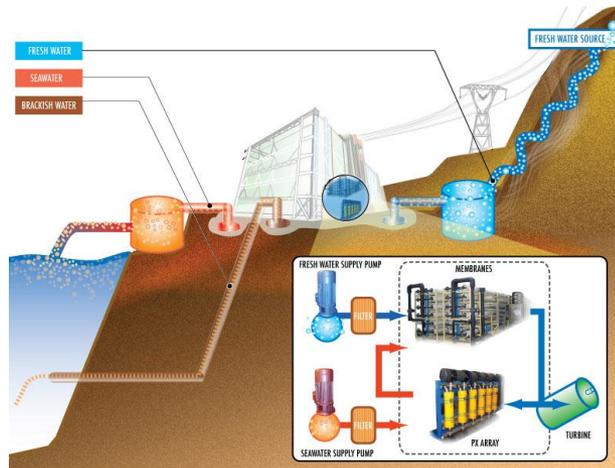
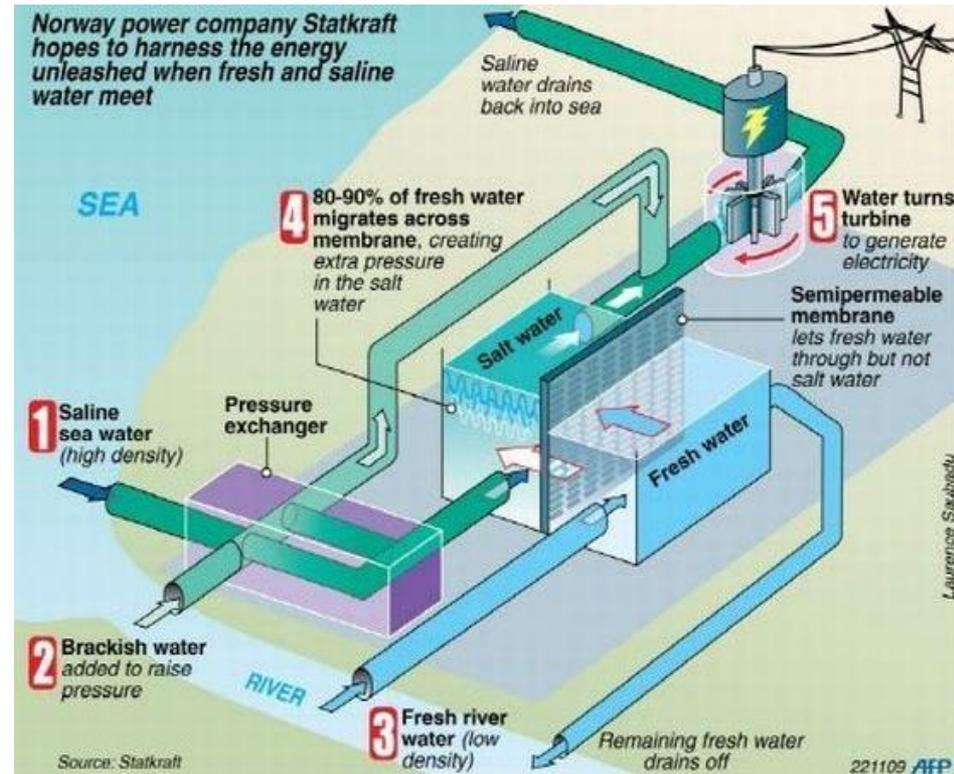
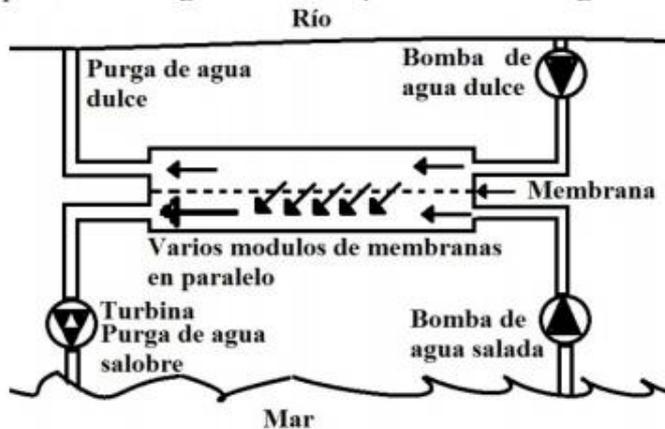
# OPORTUNIDADES DE DESARROLLO

## Equipos de Gradientes Térmicos



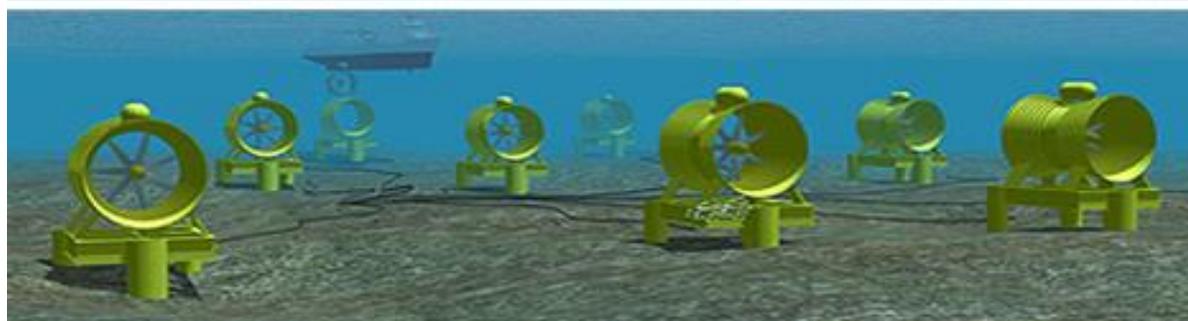
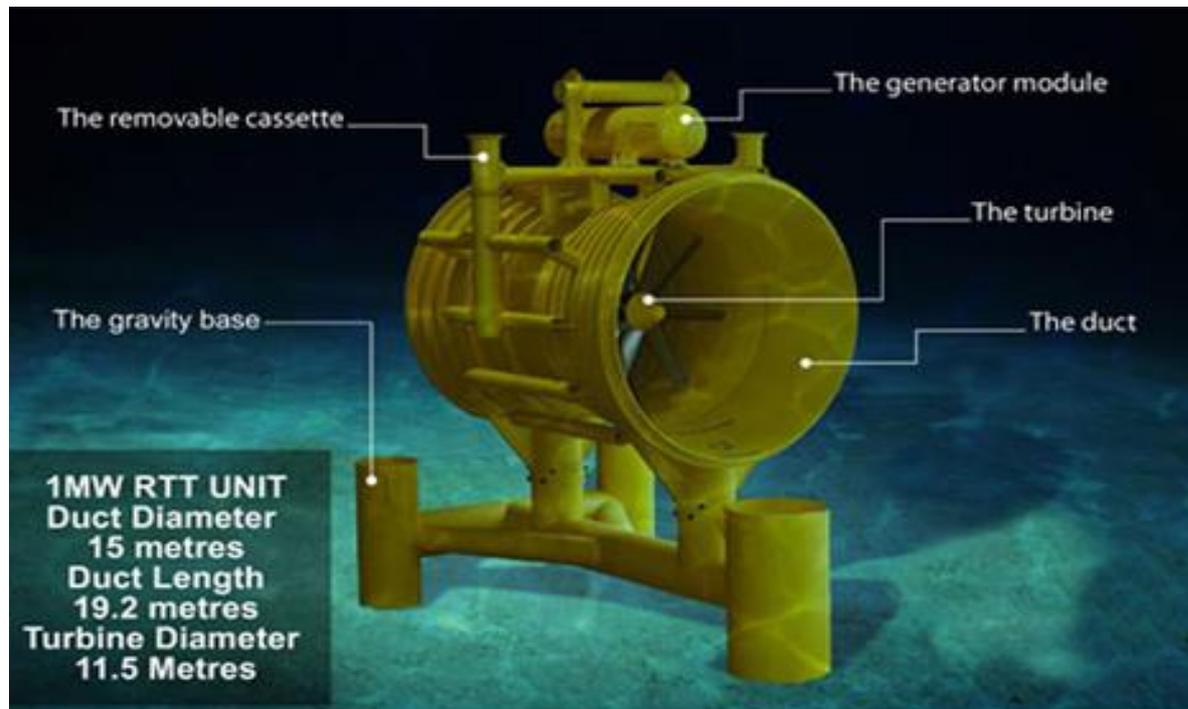
# OPORTUNIDADES DE DESARROLLO

## Equipos de Gradientes Salinos



# OPORTUNIDADES DE DESARROLLO

## Equipos de Corrientes Oceánicas Profundas





[www.aquateira.co.uk](http://www.aquateira.co.uk)

**Contacto:**

Sergio Versalovic - Consultor Senior

[Sergio.versalovic@aquatera.co.uk](mailto:Sergio.versalovic@aquatera.co.uk)

aquateira

