

# Estudio y análisis del potencial marino en las costas de la Patagonia Austral Argentina

Horacio León<sup>1</sup>, Daniel Lorenzetti<sup>1</sup>,  
Abdelbassat Abdelbaki<sup>1</sup>, Hugo  
Chacón<sup>1</sup>, Claudio Fernández<sup>1</sup>,  
Carlos Labriola<sup>12</sup>

## Resumen

El consumo de los recursos energéticos fósiles, el impacto ambiental asociado a la producción y al uso de las energías tradicionales, la distribución de las reservas de energía, y el incremento de los precios de las materias primas energéticas, otorgan a las fuentes renovables una importancia progresiva en la matriz energética, sobre todo en los países desarrollados.

La utilización de la energía obtenida de los distintos recursos renovables es un segmento importante en las distintas estrategias de políticas energéticas y medioambientales.

Mares y océanos del mundo constituyen una fuente de recursos tanto en alimentos, como energéticos y minerales de gran importancia para el ser humano.

El mar es el primer colector solar ya su vez el sistema de almacenamiento y transporte de energía más grande del mundo, por lo tanto existe un enorme potencial energético, el cual mediante diferentes tecnologías, puede ser transformado en electricidad y satisfacer en gran parte las necesidades energéticas actuales.

Este recurso energético se manifiesta de distintas formas: oleaje, corrientes marinas, mareas, gradientes térmicos y de salinidad, por lo tanto en la actualidad se están investigando y desarrollando variadas tecnologías para su aprovechamiento. Una de las claves para que estos tipos de aprovechamientos sean factibles es el de recabar datos para el estudio del recurso en distintos lugares (como todo tipo de energía re-

1. Unidad Académica Caleta Olivia – Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UACO-UNPA) – Laboratorio de Energías Renovables. hleon@unp.edu.ar – 297 4854888 Interno 150

2. Universidad del Comahue, Facultad de Ingeniería.

novable).

La energía undimotriz y mareomotriz tienen un gran potencial para producir energía eléctrica, en regiones de latitudes altas como las costas patagónicas. Los integrantes del Laboratorio de Energías Renovables de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral -Unidad Académica Caleta Olivia, están estudiando y trabajando en esta temática, llevando a cabo los proyectos de investigación 29B/125 “Análisis de sistema de convertidores fluido-dinámicos de energía renovable para la Patagonia Austral de Argentina” 2011/2014 y su continuación, el proyecto 29B/163 “Sistemas de convertidores fluido-dinámicos de energía renovable para la Patagonia Argentina”.

Para dichos proyectos se ha recopilado información de instituciones y organismos provinciales, nacionales e internacionales con el fin de evaluar el recurso energético en las costas de la Patagonia Central y Austral de la República Argentina. Esta primera evaluación global permite indicar que el recurso undimotriz y de corrientes marinas puede ser explotado en varias zonas de las costas patagónicas.

*Palabras Clave:* energía del mar, energía un-

dimotriz, Patagonia Argentina.

**Introducción**

Por la crisis energética y problemas de contaminación ambiental dada por la emisión de CO<sub>2</sub>, en los últimos años universidades, centros de investigación y empresas del mundo se han abocado a la investigación y al desarrollo de equipos que permitan aprovechar fuentes de energía alternativas que sean sustentables, renovables y limpias como ser el sol y sus derivados. Una fuente de energía alternativa y renovable que está en reciente investigación y desarrollo es el mar. El océano es un acumulador y transportador de grandes cantidades de energía.

Los distintos tipos de energía posibles de obtener se clasifican en forma general de la siguiente manera:

- Energía térmica oceánica
- Energía por gradiente salino
- Energía de las olas o undimotriz
- Energía de las mareas ó mareomotriz.

Dentro de la mareomotriz se distinguen dos aspectos bien definidos: La energía potencial dada por la diferencia de altura entre mareas y la energía de las corrientes marinas generadas por las mareas en puntos singulares de las costas.

En la tabla 1 se observan valores teóricos estimados, a nivel mundial de los distintos recursos que se pueden obtener del mar en términos de energía (Fuente: IBERDROLA 2010)

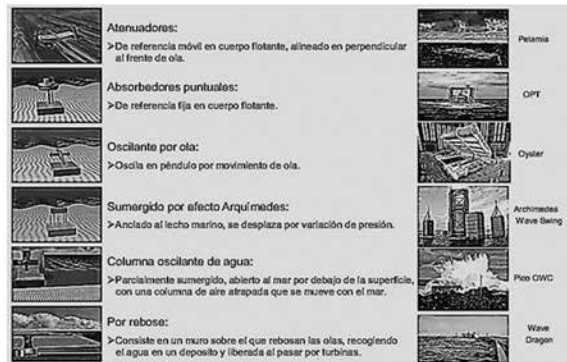
RECURSO	TWh/año
UNDIMOTRIZ	8.000 hasta 80.000
CORRIENTES MARINAS	800
MAREOMOTRIZ	300
GRADIENTE TERMICO	10.000
GRADIENTE SALINO	2.000

**Tabla1 - Potencial energético marino[6]**

Hasta la actualidad se han desarrollado y patentado un gran número de equipos que permiten aprovechar este potencial del mar y así generar energía eléctrica. El desarrollo de estos equipos todavía es reciente y unos pocos se encuentran a escala de modelo pre-comercial. Esta situación de inmadurez en el desarrollo no per-

mite establecer en forma precisa cuáles son los equipos con mejores rendimientos y estimar en forma cierta el costo por kW instalado.

Los distintos dispositivos se pueden observar en las figuras 1 y 2, en las cuales en el sector izquierdo se muestran los esquemas de funcionamiento y en el derecho los modelos construidos y ya en prueba.

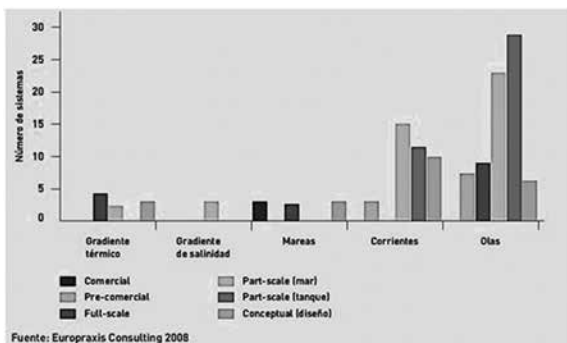


**Figura 1 - Dispositivos de conversión de energía undimotriz[6]**



**Figura 2 - Dispositivos de conversión de energía mareomotriz[6]**

En la figura 3 se indica el estado de desarrollo de los distintos sistemas, notándose en gran medida el bajo avance en el desarrollo de estos equipos - dato obtenido del PER 2011-2020 de España y Europraxisconsulting[12]



**Figura 3 - Estado de Desarrollo y grado de madurez de las distintas tecnologías**



Evaluaciones de distintas instituciones como el *WorldEnergy Council* (WEC -Concejo Mundial de Energía) estiman el potencial total del flujo de energía de las olas en 2.000 GW. Frente a las costas de la Patagonia Argentina, el recurso undimotriz está en el orden de los 29 a 97 kW por metro de frente de ola, en aguas profundas (Figura4).

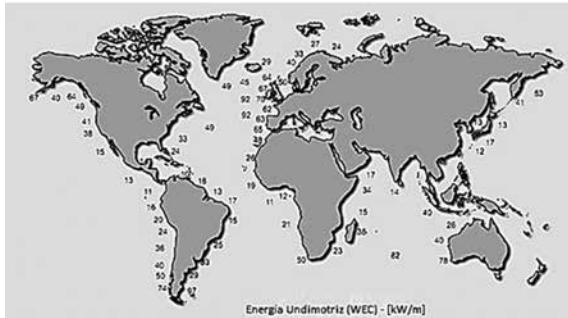


Figura 4 - Potencial de las olas -WorldEnergyCouncil.

### Potencia de las olas

Existen distintas expresiones para determinar la potencia útil de las olas, en si dicha potencia depende de los valores de altura de ola y la frecuencia (o periodos) [4] [8][9].

La clásica es la teoría lineal de onda de Airy, en la cual se llega a la siguiente expresión ideal:

$$P = 0.995 * H^2 * T \quad (1)$$

P: potencia útil de las olas [kW/m]  
 H: Altura de la ola [m]  
 T: Período de la ola [s]

O teorías basadas en espectros de ondas, lo cual permite acercarse mucho más al oleaje real:

$$P = \alpha * H_s^2 * T_p \quad (2)$$

Dónde:

P: potencia útil de las olas [kW/m]

$\alpha$  Coeficiente que relaciona características espectrales de un campo de olas con la potencia. Varía de 0,44 a 0,59 dependiendo de los distintos espectros estudiados y desarrollados en el mar del Norte, en Europa.

H: Altura significativa de la ola [m]

T: Período pico de la ola [s]

Ambas expresiones se refieren a valores de potencia obtenidas en aguas profundas, en las cuales no se tienen en cuenta fenómenos de asomeramiento, reflexión y difracción de las olas que se ponen de manifiesto en cercanías de la costa, debido a la disminución de la profundidad del lecho marino y los accidentes geográficos.

### Potencia de las corrientes

Las corrientes generadas por el flujo y reflujo de las mareas sobre la costa es otra fuente de recurso energético, cuando las velocidades de los flujos de agua sean aceptables y permitan accionar las turbinas generadoras. Esta fuente de energía alternativa es altamente predecible y mantiene sus caudales cuasi constantes.

La potencia generada por las corrientes marinas se determina en forma similar que la potencia eólica:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * A * V^3 \quad (3)$$

P : Potencia útil generada por el fluido [W]

$\rho$  : Densidad del agua de mar [kg/m<sup>3</sup>]

A : Área del rotor [m<sup>2</sup>]

V : Velocidad del fluido [m/s]

El mar posee una capacidad energética aproximadamente 800 a 1000 veces mayor que la del aire, dado por su diferencia de densidades. El valor promedio de la densidad del mar es de 1023 kg/m<sup>3</sup> contra 1 kg/m<sup>3</sup> en el aire.

Comparativamente una corriente de agua marina que fluye a una velocidad de 2 m/s posee por cada metro cuadrado de área perpendicular a su flujo, tiene la misma energía que una corriente eólica de aproximadamente 20 m/s.

Las turbinas hidrocinéticas pueden generar potencias teóricas que oscilan entre 4 y 13 kW/m<sup>2</sup>, con velocidades de flujos de agua entre los 2 y 3 m/s (4 a 6 nudos). En la región central y sur de las costas de la Patagonia, el Servicio Hi-

drográfico Naval ha determinado diferencias de altura de mareas de 5 hasta 10 o 12 metros, un ejemplo es el puerto de Río Gallegos o en la ría de Puerto Deseado (Santa Cruz - Argentina) lo cual permite inferir que en las desembocaduras de los ríos del litoral patagónico existen corrientes con velocidades aceptables y que es factible su aprovechamiento energético.

### Analisis y determinacion del potencial marino

La región en estudio está sobre la plataforma continental argentina, desde los 45 grados - zona del Golfo San Jorge, hasta los 51 grados de latitud Sur - aproximadamente a la altura de la desembocadura de la ría en Río Gallegos. La plataforma continental es una región de aguas someras, que presenta profundidades menores a 100 metros hasta varios kilómetros mar adentro.

De la recopilación y análisis de datos obtenidos de entes estatales nacionales e internacionales como la Unidad Ejecutora Portuaria de Santa Cruz (UNEPOsc) [2], Servicio de Hidrografía Naval (SHN)[1][7], National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)[3] - más trabajos de investigación científicos realizados [4] [9] [11] [12], se pudo estimar el potencial undimotriz y de las corrientes en lugares específicos de la costa patagónica.

En la figura 5 se pueden observar zonas accesibles, que tienen accidentes costeros naturales, en los cuales pueden desarrollarse trabajos de investigación con el objetivo de proyectar un parque de olas o de Turbinas Hidrocinéticas.



Figura 5 - Datos de corrientes y mareas (promedio y máximas).

Específicamente para obtener los valores de potencia undimotriz, se emplearon datos comprendidos entre los años 2009 - 2012 para Caleta Paula y 2010 -2012 para Puerto Deseado, analizándose valores de alturas significativas, periodos picos y direcciones de las olas. Se empleó la expresión (2), de teoría espectral, adoptándose el coeficiente  $\alpha = 0.5$ , con un criterio conservador para realizar estas primeras estimaciones.

En referencia al potencial de las corrientes se estudiaron los datos de velocidades de corrientes, cedidos por la UNEPOsc [2], medidos en el puerto de Caleta Paula y los del Informe técnico N° 02/05 [1] determinados en Puerto Deseado, empleándose la expresión (3) para su cálculo.

Los valores finales se reflejan en la tabla II

	Potencial Corrientes marinas $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	Potencial Undimotriz $\left[\frac{kW}{m}\right]$
Caleta Paula	4,09 a 63,93	5 a 6 kW/m
Puerto Deseado	883,8 a 4092	7 a 8 kW/m
San Julián	2512,9 a a 63937,5	Sin datos
Santa Cruz	Sin datos	Sin datos
Río Gallegos	542,8 a 21743	Sin datos

TABLA II Valores del recurso oceánico costa patagónica

Cabe aclarar que en la citada tabla se menciona la desembocadura del río Santa Cruz, zona que cuenta con un puerto de aguas profundas y entendemos debe tener un gran potencial en estos tipos de aprovechamientos, el caudal está estimado en casi 800 m<sup>3</sup>/s, datos obtenidos de la Subsecretaría de Recursos Hídricos (SSRH), pero de la cual no se cuenta con datos específicos de otras variables, también podemos mencionar que en la cuenca de dicho río se construirán los Complejos Hidroeléctricos Néstor Kirchner y Jorge Cepernic, cuya licitación nacional fue adjudicada en el año 2013.

### Conclusiones

Con el objetivo de obtener nuevas fuentes de energía, que permitan tener mayor autonomía, diversificar la matriz, paliar el déficit de energía del país y a la vez disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>, podemos decir que el océano es una fuente de

características potenciales que no debemos dejar de lado.

Entre las ventajas podemos mencionar alto potencial energético, que es factible predecir el estado de mar, sin embargo, la explotación de éste recurso es dificultosa ya que no se puede concentrar la energía en un punto para su extracción. Además el oleaje real es altamente aleatorio tanto en amplitud, fase y dirección de la ola, por lo tanto la potencia útil es totalmente aleatoria.

En nuestra región es necesario contar con una base de datos actualizada y precisa, conocer rango y frecuencia de los distintos periodos, alturas de olas presentes y direcciones. Una aproximación fiable permitirá proyectar y desarrollar equipos conversores que transforman en forma eficiente este potencial.

Los resultados, que se muestran en la tabla II exploran las posibilidades de esta fuente energética limpia y muy abundante en el litoral marítimo austral.

Se observa que difieren sustancialmente de valores publicados por otras instituciones, como por ejemplo las que se muestran en la figura 4 del WorldEnergy Council de la Unión Europea, ya que entendemos que dichos valores fueron obtenidos en función de la expresión ideal de Alry, donde el coeficiente es aproximadamente 1 y además los datos de los parámetros, altura y periodo, corresponden a valores medidos a centenares de kilómetros de la costa.

#### **Necesidades y propuestas:**

-Implementar un sistema de redes de mediciones para tener una serie extensa de datos climatológicos válidos y determinar en forma fehaciente el potencial del mar, tanto en el aspecto undimotriz como en el de corrientes marinas.

-Tener información actualizada y en detalle de la batimetría de las zonas en las cuales se pueden implementar aprovechamientos de estos tipos.

-Conformar grupos de investigación multidisciplinarios a fin de analizar el recurso y su posterior aprovechamiento, tanto en los aspectos tecnológicos, impacto ambiental y costos.

-Investigar y trabajar sobre el desarrollo de equipos, materiales, sistemas de transporte,

montaje y equipos de mantenimiento específicos para estas tecnologías.

-Contar con centros de investigación y desarrollo tecnológico para ensayar el equipamiento diseñado.

-Estudiar y analizar posibilidades de encontrar empresas que puedan invertir en el diseño y fabricación de estos tipos de equipos – Desarrollo de Polos tecnológicos.

-Estudiar e implementar una legislación que facilite la implantación de parques marinos y la conexión de estos a la red eléctrica.

#### **Referencias**

[1]“ESTUDIO DE CORRIENTES EN PUERTO DESEADO, PROVINCIA DE SANTA CRUZ”Departamento Oceanografía - Informe técnico N° 02/05 -Speroni O.J, Dragan W.C, Mazio C.A

[2] Datos de velocidades de corrientes marinas, olas y periodos de 1984 a 1988 - Construcción del Puerto Caleta Paula - UNEPOSC, SHN

[3] NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration  
<ftp://polar.ncep.noaa.gov/pub/history/waves>

<http://polar.ncep.noaa.gov/waves/index2.shtml>

[4] “CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO UNDIMOTRIZ EN EL LITORAL MARÍTIMO ARGENTINO”Das NevesGuerreiro R., Chandare, S., ,WorldEngineering Congreso, capítulo ECC, Buenos Aires, 17 al 20 de octubre del 2010.

[5] [www.wave-energy.net](http://www.wave-energy.net), 2008.

[6] CONGRESO DE ENERGÍAS RENOVABLES 2010 - Iberdrola — 2010

[7] Cartas del Servicio de Hidrografía Naval, 2008.SHN

[8]“WAVE ENERGY A DESIGN CHALLENGE” Shaw, R.Ellis Horwood Publ. 1990.

[9] Proyecto de Investigación UACO-UNPA PI 29B/125/1

“ANÁLISIS DE SISTEMA DE CONVERSORES FLUIDO-DINÁMICOS DE ENERGÍA RENOVABLE PARA LA PATAGONIA AUSTRAL DE ARGENTINA”. Proyecto de Investigación en ejecución 2011-2013.

[10] “AVANCES EN EL ESTUDIO

DE POTENCIAL DE GENERACIÓN MAREOMOTRIZ EN LA BAHIA DE SAN JULIÁN UTILIZANDO TURBINAS SUMERGIBLES” Ing. José González, Ing. Luis Villanueva, Dr. Gautam S. Dutt, Dr. Carlos Mazio, Ing. Rafael Oliva CONGRESO ASADES

[11]“PLANDEENERGIASRENOVABLES 2011-2020”pp 196 a 226 Instituto para el Desarrollo y Ahorro de la Energía2011

Secretaría de Estado de Energía - ESPAÑA

[12] “EVALUACIONDEL POTENCIAL DE LA ENERGIA MARINA ESTUDIO TECNICO PER 2011-2020” Instituto para el Desarrollo y Ahorro de la Energía 2011

Secretaría de Estado de Energía - ESPAÑA

