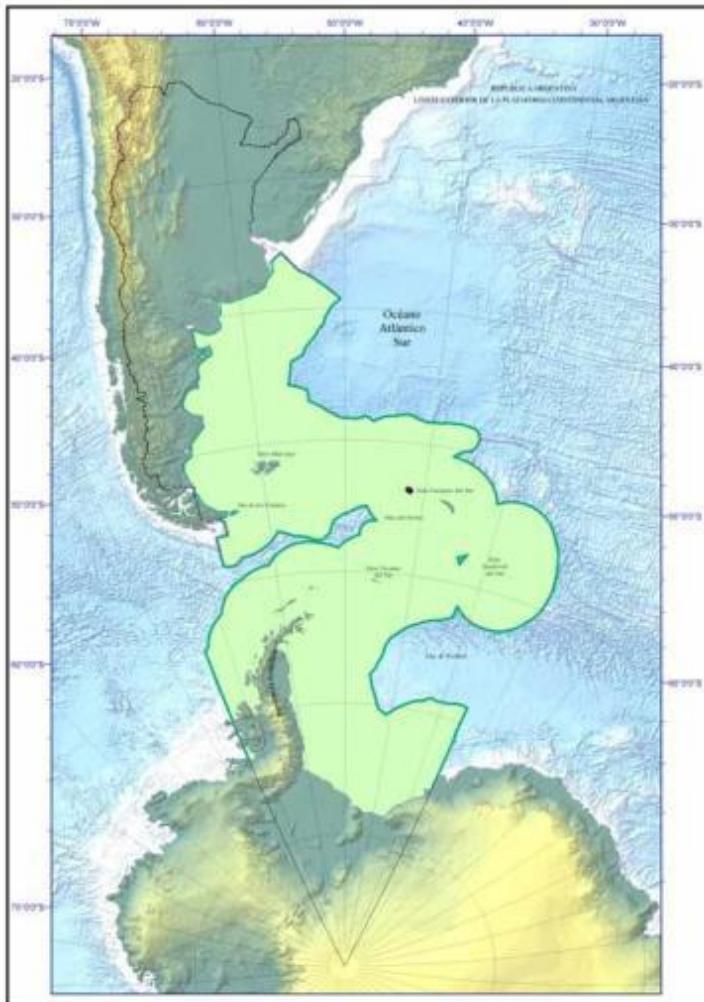


En eterna patrulla, ARA San Juan y tripulantes  
In memoriam

# CATÁLOGO ENERGÍAS DEL MAR 2018

Proyectos, Iniciativas, Instituciones,  
sobre Energías del Mar Argentino

*2<sup>da</sup> EDICIÓN, junio 2018*





*Notas:*

1. *A los lectores de esta segunda emisión del catálogo “Energías del Mar 2018” les solicitamos nos hagan llegar sus comentarios, sugerencias y observaciones a la siguientes dirección de email: [margema2014@gmail.com](mailto:margema2014@gmail.com)*
2. *El mapa de tapa es el incluido en la página 7 del documento “Pautas para una Política Oceánica Nacional”, publicado por la Academia del Mar en septiembre de 2012. Dicho documento se incluye como Anexo II.*
3. *Nota del corrector: se han seguido las normativas de la Real Academia Española y de la gramática de María Marta García Negroni, salvo en casos particulares del uso profesional.*



**GRUPO DE INTERÉS EN  
ENERGÍAS DEL MAR ARGENTINO**

**CATÁLOGO**  
**Energías del Mar 2018**  
PROYECTOS, INICIATIVAS,  
INSTITUCIONES, SOBRE  
ENERGÍAS DEL MAR ARGENTINO  
*2<sup>da</sup> EDICIÓN, junio 2018*



#### NOTA ESPECIAL : HOMENAJE a los 44 tripulantes del ARA SAN JUAN

Los autores y los responsables de esta segunda edición 2018 del Catálogo GEMA dedican esta publicación y rinden un homenaje a los 44 tripulantes del ARA SAN JUAN , perdidos en aguas del Atlántico Sur , mientras patrullaban el extenso Mar Argentino ejerciendo la defensa soberana de nuestros intereses nacionales.

Honra eterna a ellos que tantas veces embarcaron para cumplir su vocación y su destino , gloria a ellos que eligieron ser parte del brazo armado de la Patria en el mar. Por extensión nuestra solidaridad con aquellos marinos civiles y militares que preservan nuestro mar. Nuestro respeto por sus familias y amigos.

Muchas más palabras podríamos utilizar, sin embargo preferimos pensarlos en eterna patrulla , custodiando como eligieron los intereses soberanos de las futuras generaciones de argentinos

30/1/2018	SEGUNDA EDICIÓN-v3 p/ comentarios	AH, MP,JP	En curso
25/11/2014	PRIMERA EDICIÓN aprobada para publicación	AH-JP-HC	Plenario GEMA
21/11/2014	Rev H versión para publicación	Lucía C.	AH-JP-HC
06/11/2014	Rev G Borrador p/ corrección de texto	AH-JP-HC	Lucía C
11/09/2014	Rev f3 Emisión sección III p/ comentarios	JP	HC
11/09/2014	Rev f2 Emisión sección II p/ comentarios	HC	AH
11/09/2014	Rev f1 Emisión sección I p/ comentarios	AH	JP
11/09/2014	Rev e Incorpora resumen unificado	HC - JP	
15/07/2014	Rev d	HC	
24/06/2014	Rev c Incorpora cap 2	HC	
12/5/2014	A parcial para comentarios	HC	JM
FECHA	REVISION	EMISOR	CONTROL

# ÍNDICE

## SECCIÓN I

- A. Acerca de GEMA
- B. Integrantes del GEMA
- C. Autores del catálogo: redactores y aportantes
- D. Agradecimientos

## SECCIÓN II

### NUESTRO MAR

## SECCIÓN III

### ENERGIAS DEL MAR 2018

1. Introducción
2. Estado de arte de la tecnología en el mundo
  - 2.1. Energía mareomotriz
  - 2.2. Energía undimotriz
  - 2.3. Energía de corrientes marinas y fluviales
  - 2.4. Maremotérmica
  - 2.5. Gradiente salino
3. Interconexiones



4. Proyectos históricos
  - 4.1. Introducción
  - 4.2. Estudios realizados
  - 4.3. Resumen cronológico de estudios
5. Proyectos en estudio, diseño o construcción
  - 5.1. Proyectos conocidos
  - 5.2. Descripción de los proyectos relevados
  - 5.3. Otros proyectos publicados

## **SECCIÓN IV**

### **CONCLUSIONES**

## **SECCIÓN V**

### **ANEXOS**

- I. Acta Constitutiva del GEMA – 2014
- II. Opiniones y comentarios recibidos
- III. Invitación a integrar el GEMA
- IV. Pautas para una Política Oceánica Nacional para la República Argentina.  
Academia del Mar - 2012



## SECCIÓN I

### 1. ACERCA DEL GEMA

#### El GRUPO DE INTERÉS EN ENERGÍAS DEL MAR ARGENTINO (GEMA)

es una iniciativa de la Academia del Mar que tiene por objetivo establecer una red informal de contactos, que vincule especialistas, instituciones y organizaciones que estén trabajando o estudiando sobre las distintas formas de aprovechamiento de la Energía del Mar. Este Grupo no sólo recopila experiencias en Argentina sino también de distintos lugares del mundo, elaborando este Catálogo que compendia los conocimientos de proyectos llevados a la práctica, sean con fines comerciales o con propósitos de investigación y desarrollo.

La participación dentro del grupo es individual. El carácter informal de la red de contactos del GEMA tiene como propósito facilitar la participación plena de los especialistas sin comprometer a las instituciones a las que pertenezcan. Es decir, los participantes podrán explicitar o no su pertenencia a determinada institución sin que ello implique necesariamente ejercer su representación.

Al ser el GEMA de carácter abierto, participativo e informal, la incorporación de nuevos miembros se resuelve al simple pedido del interesado o mediante invitación de un integrante del grupo.

Cuando alguna iniciativa del GEMA requiera apoyo institucional formal y manifiesto se solicitará por los canales correspondientes a las instituciones convocadas.

El Grupo Coordinador Ejecutivo designado viernes 27 de mayo 2016 está integrado por tres (3) miembros, elegidos en el Plenario llevado a cabo en la Campus de la UTN-Facultad Regional Buenos Aires. Las reuniones plenarias se llevan a cabo en diferentes sitios acorde a invitación de las instituciones a las cuales pertenecen sus miembros, recordando que son mencionadas como vínculo de pertenencia y no como ejercicio de representación.

El Grupo Coordinador Ejecutivo del GEMA se reserva el derecho solicitar al Plenario la remoción de algún miembro cuando existan razones fundadas y demostrables de que la participación de un integrante resulta incompatible con el objeto y propósito del GEMA.

El presente CATÁLOGO GEMA 2018 es una obra colectiva en la que los autores, redactores y aportantes han contribuido desinteresadamente con su experiencia y su valioso tiempo con el propósito de la divulgación del conocimiento en pos de la construcción de una sociedad mejor. Por tal razón, mencionado esta fuente, se autoriza a la utilización total o parcial del material incluido en este Catálogo. Los autores, dada las características y el propósito del catálogo no asumen ninguna responsabilidad



ni aceptan reclamos por el uso del contenido del presente catálogo. El GEMA y sus integrantes estarán exentas de cualquier interés o responsabilidad por pérdidas o daños y perjuicios que puedan ser consecuencia de la utilización de este catálogo. © GEMA – Grupo de Interés en Energías de Mar Argentino 2018





## 2. INTEGRANTES DEL GEMA

### FIRMANTES DEL ACTA CONSTITUTIVA

- Bellizzi Alejandro Nicolas Ing.– YPF
- Bonuccelli Pablo CF – Escuela de Ciencias del Mar
- Carranza Hugo A Ing. – Academia del Mar
- Castro Rivas Eduardo Clte.– INUN, Instituto Universitario Naval
- de Cristófaro Norma Dra.– Universidad Tecnológica Nacional–Fac Reg Sta Cruz
- Guillermo Eduardo Ing. – Universidad Tecnológica Nacional –Fac. Reg. Ba Bca.
- Haim Alejandro Ing. – Universidad Tecnológica Nacional – Fac. Reg. Bs As
- Luppi Alejandro Ing. – Academia del Mar
- Mastrángelo Sabino Ing. – ITBA, Instituto Tecnológico de Buenos Aires
- Meira Juan Ing. – Secretaría de Energía
- Nordio Héctor Ing. – Consultor
- Pérez Arrieu Juan Ing. – Univ. Tecnológica Nacional – Fac. Reg. Gral. Pacheco
- Pozzo Jorge Ing. – YPF
- Prieto Gonzalo CF– Escuela Naval Militar
- Seisdedos Gustavo Ing. – Y-TEC, YPF Tecnología
- Szewczuk Osvaldo Ing. – Universidad Tecnológica Nacional–Fac Reg Sta Cruz
- Zagorodny Juan Pablo Dr.– Y-TEC, YPF Tecnología

### OTROS MIEMBROS DEL GRUPO CONSTITUTIVO A LA FECHA DE FIRMA DEL ACTA

- Bianchi Gustavo Luis Dr.– Y-TEC, YPF Tecnología
- Canzian Adrián Dr. – Univ. Tecnológica Nacional – Fac. Reg. Gral. Pacheco
- Grunschlager Gustavo CM– INUN, Instituto Universitario Naval
- Nizovoy Jorge Ing.– CIGRE, Comité Internacional de Grandes Redes Eléctricas
- Pelissero Mario Ing -Universidad Tecnológica Nacional-Fac .Reg. Bs As
- Sardi Oscar Ing. – TGS, Transportadora de Gas del Sur
- Tula Roberto Prof. – Universidad Tecnológica Nacional – Fac. Reg. Bs As
- Smoglie Cecilia Dra.– ITBA, Instituto Tecnológico de Buenos Aires
- Zubizarreta Gustavo Ing. – Y-TEC, YPF Tecnología

**OTROS MIEMBROS DEL GRUPO INCORPORADOS POSTERIORMENTE A LA FECHA DE FIRMA DEL ACTA**

- Alessandrini Ricardo Luis Clte. VGM - INUN
- Allegrino Juan B. - Lic. Matemático–Lic. Oceanógrafo –Ezcurra & Schmidt S.A.
- Bonini Julieta María Lic.– INUN
- Campos Guillermo, Cptan Ultramar – TOTAL S.A.
- Di Prátula Horacio Raúl Dr. – UTN FR Ba. Bca.
- Dorta Andrés Ing. - IEA SRL
- Dotti Franco Dr. - UTN FR Ba. Bca. - CONICET
- Elizondo Silvana Mg.– INUN
- Franco Juan Ignacio Dr.– CITEDEF
- Ezcurra Horacio Lic. – Consultor
- Fusca Andrea Noemí – Prof. Universidad Tecnológica Nacional–Fac. Reg. Bs As
- Federico Antonio Ing. – CAI
- Galia Francisco Clte. VGM, Lic.– UTN, Rectorado
- Gianola Alberto Eduardo – Cptan Ultramar – Consultor
- Ibáñez Cecilia Ing. - Universidad Tecnológica Nacional–Fac Reg Sta Cruz
- Jauregui Jorge M. CC– ARA
- Lavorante Maria Jose Lic.– CITEDEF
- León Horacio Leonardo Ing. – Univ. De la Patagonia Austral, U.A. Caleta Olivia
- Librandi Ruben Ing.– TGN
- Lifschitz Ana Julia Mg.– UTN, Rectorado
- Pereira María Antonia Villa Gustavo Ing. – UTN FRG, Pacheco
- Raccanello Mario Mg. – MinCyT – AESIAL
- Ramírez, Alejo Nahuel – Tesista Univ. Católica Córdoba
- Reyes Diego Eugenio Lic.– UTN FR Ba. Bca.
- Scotto Alberto CN VGM– INUN
- Segura Gastón Ing. - Universidad Tecnológica Nacional–Fac Reg Sta Cruz
- Trentadue Carlos Ing.– ITBA, UTNGP
- Triviño Macarena Ing. - Universidad Tecnológica Nacional–Fac Reg Sta Cruz
- Tufiño Gustavo Joaquín CN VGM– Fundación Goleta del Bicentenario
- Valladares Javier Lic. – Academia del Mar
- Villar Alberto Ing. – UTN FR BA

### **3. AUTORES DEL CATÁLOGO 2014**

- Castro Rivas, Eduardo – Clte. VGM – INUN
- Carranza, Hugo A. – Ingeniero Electricista – Academia del Mar
- de Cristófar, Norma – Dra. en Física -UTN FRSC
- Galia Francisco – Clte. VGM Licenciado – UTN Rectorado
- Guillermo, Eduardo – Magister en Ingeniería -UTN FRBB
- Haim, Alejandro – Magister, Ingeniero Mecánico -UTN FRBA
- Luppi, Alejandro – Ingeniero en Petróleo – Academia del Mar
- Mastrángelo, Sabino – Ingeniero Mecánico – ITBA
- Meira, Juan – Ingeniero en petróleo – Secretaría de Energía
- Pozzo, Jorge – Magister, Ingeniero Electricista – YPF
- Reyes Diego – Licenciado – UTN FRBB
- Seisdedos, Gustavo – Ingeniero Electrónico – YPF
- Szewczuk, Osvaldo– Ingeniero Mecánico – UTN FRSC
- Valladares Javier – Licenciado en Oceanografía – Academia del Mar

### **4. REVISORES DEL CATÁLOGO 2018**

- Carranza, Hugo A. – Ingeniero Electricista – Academia del Mar
- Haim, Alejandro – Magister, Ing Mec. - UTN FRBA – Gpo Undimotriz
- Pelissero, Mario Alberto – Ing. Quím. UTN FRBA – Gpo Undimotriz
- Pozzo, Jorge – Mg, Ing Electricista - YPF – Gpo Undimotriz UTN FRBA

### **5. AGRADECIMIENTOS**

Los integrantes del GEMA agradecen especialmente a las siguientes instituciones y personas:

- Las Autoridades de la Academia del Mar por haber impulsado la formación del grupo de interés
- Autoridades del Centro Naval por facilitar la sala para la realización de la Reunión Constitutiva del 15 de abril de 2014.

- Autoridades de la Escuela Naval Militar por facilitar las instalaciones y por la hospitalidad brindada durante la realización de la 1<sup>a</sup> reunión de coordinación del 15 de julio de 2014.
- Autoridades de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco por facilitar las instalaciones y por la hospitalidad brindada durante la realización de la 2<sup>a</sup> reunión Plenaria de coordinación del 10 de octubre de 2014.
- Autoridades de la Escuela de Ciencias del Mar por facilitar la sala para la realización de la 3ra reunión de coordinación del 25 de Noviembre de 2014.
- Al Contralmirante VGM Francisco Galia por su invitación a presentar por primera vez el Catálogo durante el SIEMAR en noviembre 2014 y por su generosa contribución a la elaboración del presente trabajo.
- Autoridades de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires por facilitar las instalaciones y por la hospitalidad brindada durante la realización de la 3<sup>a</sup> reunión Plenaria del 27 de mayo de 2016.
- A la traductora Lucía Teresa Carranza por su generosa contribución en la revisión del texto del presente catálogo.







## SECCIÓN II

### NUESTRO MAR

#### “El Atlántico Sur y Antártida para la República Argentina”

(Extraído de la obra: “ZONAS DE INTERÉS ESTRATÉGICO Y GEOPOLÍTICO PARA LA NACIÓN; SITUACIÓN EN EL ATLÁNTICO SUR Y ANTÁRTIDA”. SEDE DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS ESTRATÉGICOS NAVALES DEL INSTITUTO UNIVERSITARIO NAVAL.( Editado y adaptado para el grupo GEMA).

El Atlántico Sur y la Antártida constituyen un espacio de seguridad y desarrollo de importancia vital para el presente y el futuro de la Argentina. El ejercicio pleno de los derechos correspondientes en los espacios marítimos, soberanos y jurisdiccionales y el cumplimiento de las responsabilidades emergentes de la condición de estado ribereño plantean desafíos de envergadura. A su vez, es importante señalar la distinción por una parte, del hecho de que Argentina es un país con frente marítimo y por otra, hipotéticamente, de que sea un país con conciencia marítima. Es oportuno recordar lo enunciado por Storni<sup>1</sup> a principios del siglo XX: *“La política naval es, ante todo, una acción de gobierno; pero es indispensable, para que tenga nervio y continuidad, que sus objetivos arraiguen en la nación entera, que sean una idea clara, un convencimiento de las clases dirigentes, y una aspiración constante de todo el pueblo argentino.”*<sup>1</sup>

De tal forma y reconociendo la importancia estratégica, política, económica y medioambiental del Atlántico Sur y Antártida, se plantea el desafío de diseñar e implementar políticas tendientes a transformar la República Argentina en un país verdaderamente marítimo con identidades, intereses, políticas y capacidades acordes.

La competencia por el control del espacio en todas sus dimensiones adquiere siempre una expresión histórica específica y es el lugar de concurrencia de las distintas fuerzas que impulsan el desarrollo político, social, económico, jurídico y cultural de todas las sociedades.

Para el presente adoptamos para el Océano Atlántico Sur los siguientes límites: al Norte, la línea ecuatorial; al Este, el continente africano y el meridiano de 20 grados de longitud Este, el que lo separa del Océano Índico; al Oeste, el Océano Pacífico por el meridiano del Cabo de Hornos; al Sur, convencionalmente llega hasta el paralelo de 60 grados Sur a partir del cual se define el ámbito de aplicación del Tratado Antártico.

---

<sup>1</sup> Storni Segundo R, Vicealmirante., *Intereses Argentinos en el Mar*, 1916.



El espacio geográfico específico que denominamos Atlántico Sur y Antártida, para la República Argentina presenta los siguientes desafíos:

- La ocupación colonial británica en las Islas Malvinas, Georgias del Sur, Sándwich del Sur y áreas marítimas adyacentes;
- La creciente demanda de recursos naturales en la zona económica exclusiva y en las aguas adyacentes, como así también el aumento de la competencia entre los diferentes actores por los recursos minerales del suelo y subsuelo;
- Las áreas de superposición de reclamos de soberanía marítima tanto de la Zona Económica Exclusiva como de la Plataforma Continental (Islas del Atlántico Sur);
- La condición quasi peninsular y de baja densidad poblacional que tiene la Patagonia en un hemisferio claramente marítimo;
- Las afectaciones medio ambientales. La mayoría de la degradación ambiental tiene un origen económico y/o demográfico y las posibilidades para detenerla requieren de adaptación industrial, regulación interna y cooperación internacional. Algunos de estos problemas ambientales son susceptibles de generar conflictos de relevancia estratégica tales como la actividad de hidrocarburos costa afuera (*offshore*), el transporte marítimo de sustancias sensibles, la alteración del medio marino y de la biodiversidad por la exploración y explotación en los fondos y subsuelos marítimos.



## El “Mar Argentino”<sup>2</sup>

Resulta de interés analizar los alcances del término “Mar Argentino”, un mar de los denominados “abiertos” o “adyacentes.” La denominación es de uso habitual en el ámbito local y regional, aunque con límites difusos. El antecedente más antiguo, del que se tiene conocimiento, de la nomenclatura “Mar Argentino” aparece en la cartografía del explorador y aventurero Julio Popper (1856-1893).

Por su parte, en 1916, Storni recuerda que “adyacente al litoral nuestro se extiende un vasto mar poco profundo, que conforma una especie de ancho escalón con que el continente desciende suavemente bajo las aguas”. Y agrega enseguida, que “esa región del océano, que por ciertos caracteres físicos debe considerarse anexa a la tierra firme, ha sido llamada, con toda propiedad por algunos geógrafos extranjeros ‘mar argentino’”. Para Storni, este espacio se extendía hasta una profundidad “de unos trescientos metros, más o menos”, en coincidencia con la superficie que los oceanógrafos de entonces llamaban “el escalón continental.”

Sin embargo, no es hasta la segunda mitad del siglo pasado que el Servicio de Hidrografía Naval (SHN), en consulta con el Instituto Geográfico Militar, comienza a designar con el término “Mar Argentino” al cuerpo de agua que baña nuestras costas. En la publicación editada por el Servicio de Hidrografía Naval “El Derrotero Argentino”, se lo incluye en su edición de 1959, época en la que se lo incorpora a la cartografía náutica oficial. En el Capítulo I de la Parte II de dicha publicación se describe el “Mar Epicontinental Argentino”, al que luego denomina, “Mar Argentino” y al referirse a su extensión deja apuntado:

El Mar Epicontinental Argentino está situado al SW del océano Atlántico Sur, sobre la plataforma continental, como proyección de su litoral marítimo, extendiéndose hacia el E hasta la isobata de 200m, que coincide aproximadamente con el comienzo del talud continental.

Cabe recordar que a mediados de la década de 1940, se inició el prolongado proceso de discusión y revisión de las normas internacionales del Derecho del Mar, que culminaría en la Convención de las Naciones Unidas sobre Derecho del Mar (CONVEMAR) de 1982. Argentina fue uno de los Estados precursores y activos en la extensión de los derechos de soberanía sobre los espacios marítimos. Ya hacia fines de 1946, declara al Mar Epicontinental y al Zócalo Continental (argentinos) “pertenecientes a la soberanía de la Nación” (Decreto 14708/46).

---

<sup>2</sup> En este trabajo utilizaremos la designación “Mar Argentino” aunque tal designación no sea reconocida en el ámbito internacional. En efecto, la adopción universal del nombre de un mar depende de la aceptación de ese nombre por la International Hydrographic Organization. En el caso de Argentina, aunque es Estado Miembro, esa aceptación aún no se ha producido.

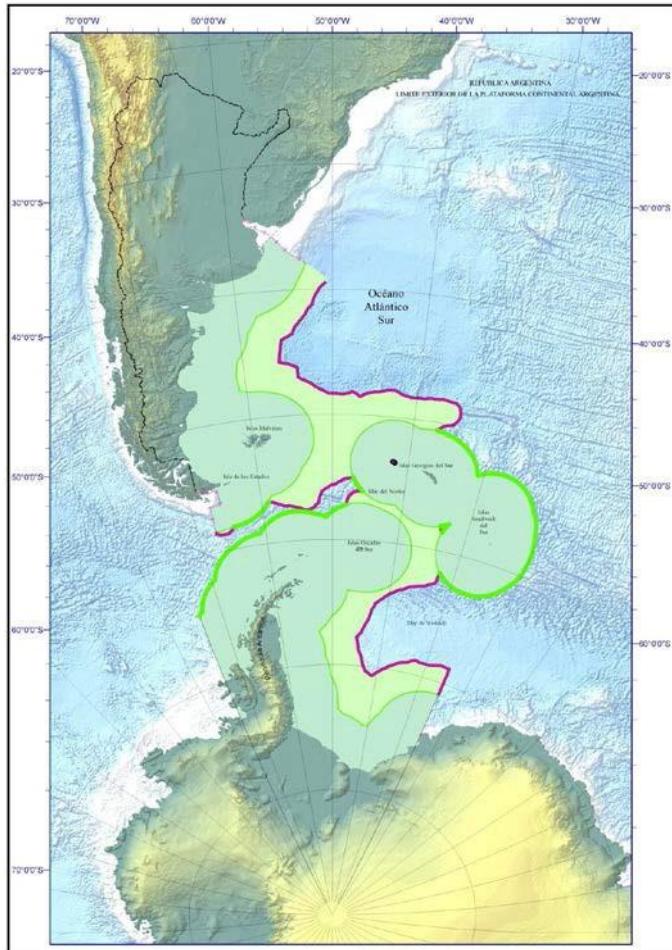


Figura 8 - Mapa que diferencia las zonas comprendidas entre la línea de base y las 200MN y entre esta última y el límite exterior.<sup>3</sup>

No es extraño pues, que en ese contexto de incipientes y unilaterales afirmaciones de soberanía sobre espacios marítimos extendidos, comenzara a utilizarse en la cartografía y publicaciones náuticas locales, el término “Mar Argentino” aplicado a las aguas suprayacentes a la “plataforma continental”.<sup>4</sup> Esta última aludía a una definición geológica previa a la definición jurídica que proveyó la CONVEMAR. En efecto, en la convención de 1982 se relacionó la “plataforma continental” de un Estado con un concepto geológico diferente, el del “margen continental”. Este se encuentra conformado por la plataforma, el talud y la emersión continental y de este modo, abarca una extensión significativamente mayor y con características geológicas diferentes a las originalmente asignadas al concepto de plataforma continental.

La Ley 23968 (líneas de base de la República Argentina) tiene incorporada

<sup>3</sup> COPLA, Límite exterior de la plataforma continental argentina, Resumen ejecutivo.

<sup>4</sup> La Ley 23968 (líneas de base de la República Argentina) tiene incorporada una serie de cartas náuticas del SHN con el topónimo Mar Argentino.

una serie de cartas náuticas del SHN con el topónimo Mar Argentino. En 1997, se confeccionó el Plan Nacional Plurianual de Ciencia y Tecnología para 1998-2000, aprobado por la entonces Secretaría de Ciencia y Tecnología. Este plan tenía incorporado un Programa de Investigaciones sobre el Mar Argentino (que utilizaba la terminología como nombre geográfico para un mar abierto del Océano Atlántico).

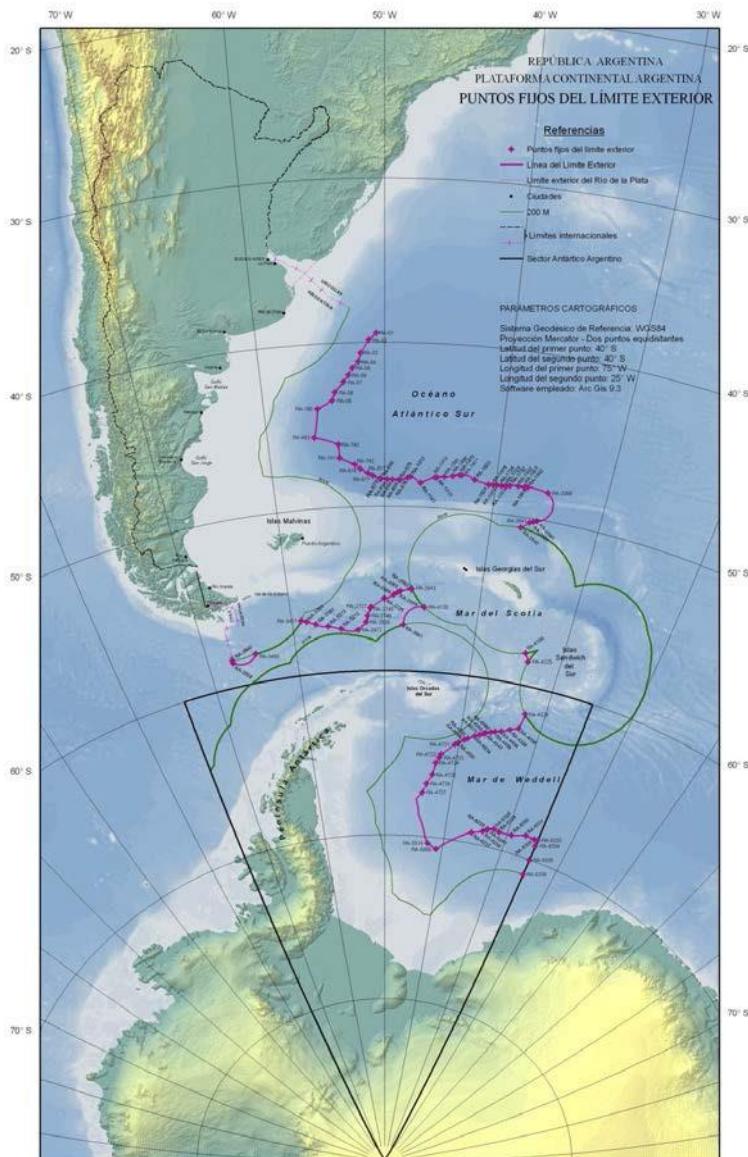


Figura 7 - Mapa con los puntos fijos (RA) del límite exterior de la plataforma continental argentina.

En definitiva, se trata de un hidrónimo descriptivo y primario dado que alude a un mar y “argentino” para describir el nombre del país ribereño. Incorporado por uso y costumbre, el nombre geográfico ha mantenido vigencia local hasta nuestros días.







# SECCIÓN III

## ENERGÍAS DEL MAR

### 2018

#### 1. INTRODUCCIÓN

El CATÁLOGO GEMA 2018 que estamos presentando es la versión mejorada del Catálogo GEMA 2014 del Grupo de Interés en Energías del Mar Argentino (GEMA), iniciativa impulsada por la Academia del Mar. El Grupo de Interés tiene por propósito establecer un vínculo, una red, entre los especialistas e interesados en estudiar y desarrollar los recursos energéticos del mar. Se ha propuesto hacer un primer inventario sobre los recursos energéticos del mar, los proyectos que han sido o están siendo considerados, los estudios realizados y las instituciones y los especialistas que por experiencia o interés están vinculados al tema.

La existencia de un extenso mar de jurisdicción nacional, los crecientes requerimientos de energía que están siendo cubiertos por importaciones, y la certeza de que cualquier descubrimiento científico-tecnológico termina revirtiendo una aplicación que, directa o indirectamente, aporta un beneficio para el ser humano, motiva a propiciar iniciativas que si bien podrían no resultar atractivas frente a la diversidad de recursos existentes para resolver el problema energético, permitirían ampliar la frontera del conocimiento y fundamentalmente poner al MAR en la lista de los grandes temas nacionales.

La República Argentina es un país extenso. La dimensión de su superficie continental la posiciona en octavo lugar entre los países del mundo. Este hecho se potencia al considerar los 5.000 km de longitud de sus costas oceánicas y la enorme extensión de los mares jurisdiccionales de la República Argentina.

En efecto, frente a los casi 2,8 millones de km<sup>2</sup> de territorio continental se adicionan 4,8 millones de aguas bajo soberanía y jurisdicción nacional, hasta las 200 millas, y otros 1,8 millones, correspondientes a las superficies comprendidas entre las 200 millas y el límite exterior de la plataforma, presentados ante la Comisión de Límites de la Plataforma Continental. Es decir que el mar jurisdiccional de la República Argentina es 2,35 veces mayor que el extenso territorio continental.

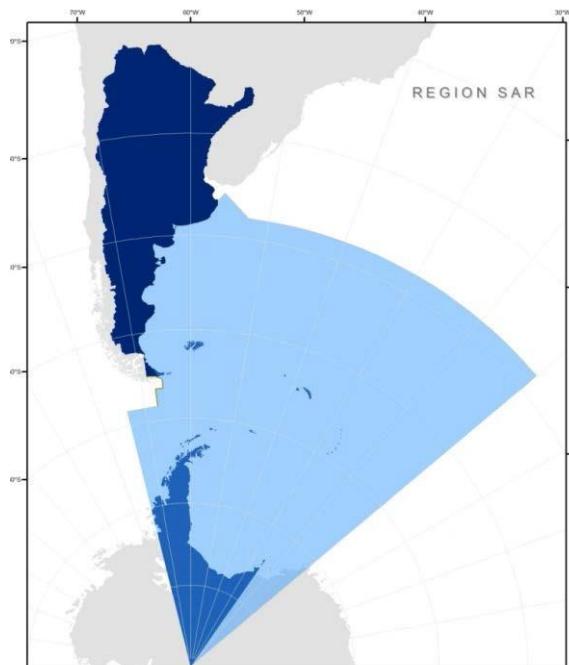
Incluyendo a la Antártida, la superficie jurisdiccional total de la República Argentina alcanza los 10,3 millones de km<sup>2</sup>. Se trata de un enorme territorio que padece de una distribución geográfica desigual de su población y de sus actividades económicas. Esta diferencia se debe a una multiplicidad de causas de raíces históricas, climatológicas, sociológicas y políticas, por citar algunas disciplinas de análisis.

<b>Superficies jurisdiccionales de la República Argentina</b>	
<b>Territorio argentino en el continente americano e insular</b>	<b>2.791.810 km<sup>2</sup></b>
<b>Antártida Argentina</b>	<b>965.597 km<sup>2</sup></b>
<b>Aguas bajo soberanía y jurisdicción nacional desde las líneas de base hasta las 200M</b>	<b>4.799.732 km<sup>2</sup></b>
<b>Plataforma continental desde las 200M hasta el límite exterior presentado ante la Comisión de Límites de la Plataforma Continental (CLPC)</b>	<b>1.781.885 km<sup>2</sup></b>
<b>Área de responsabilidad en Búsqueda y Rescate (SAR)</b>	<b>16.136.748 km<sup>2</sup></b>

**Elaborado por el Servicio de Hidrografía Naval con datos propios  
y del Instituto Geográfico Nacional**

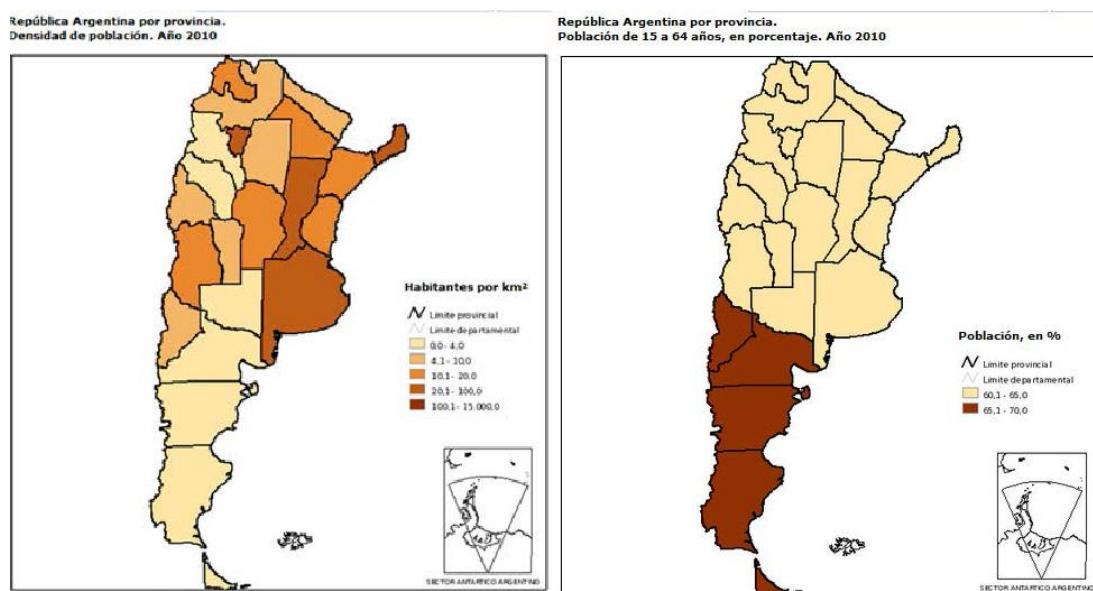
Cuadro 1.1 Superficies Jurisdiccionales de la República Argentina. Extraído de "Las Pautas Para Una Política Oceánica Nacional"

La República Argentina, como miembro de la Organización Marítima Internacional (OMI), adoptó la aprobación del convenio Internacional Sobre Búsqueda y Salvamento Marítimo de 1979, refrendado por Ley 22.445. Esto significa asumir responsabilidades en un área de 16 Mkm<sup>2</sup> y se designó a la Armada Argentina la autoridad de aplicación del citado instrumento.



Desde otra perspectiva, podría decirse que Argentina tiene más superficie de obligaciones que de derechos jurisdiccionales.

Sobre el poblamiento irregular, el censo de 2010 presenta dos características distintivas de la región patagónica que reflejan crudamente la ausencia de una política que integre la Patagonia y el Mar Argentino al conjunto de la Nación. Por un lado, es la región de menor densidad de población: 2,5 habitantes por km<sup>2</sup> frente a un promedio de 14,4 y densidades de 60 en la provincia de Buenos Aires junto con la ciudad de Buenos Aires.<sup>5</sup>



La región patagónica es, además, la de mayor porcentaje de franja etaria entre 15 y 64 años. Es decir, se trata de la típica población de trabajo, en la que niños y ancianos permanecen en su región de origen.

En síntesis, con casi el 30% del territorio continental argentino, la región patagónica alberga menos del 5% de la población del país.

## ENERGÍA EN ARGENTINA

En los últimos 150 años, el avance de la tecnología permitió a los países ampliar las fronteras de la producción, expandir sus economías y sostener una creciente población mundial que demanda cantidades cada vez mayores de energía. Por primera vez, a mediados del siglo XIX, la población mundial superó los mil millones de habitantes (Mhab) mientras que en 1900 alcanzaba a 1.600 Mhab. En 1950, creció hasta los 2.500 Mhab, menos de la mitad de los 7.000 Mhab actuales.

<sup>5</sup> Solo superficie continental e Isla de Tierra del Fuego. Fuente Censo 2010 INDEC

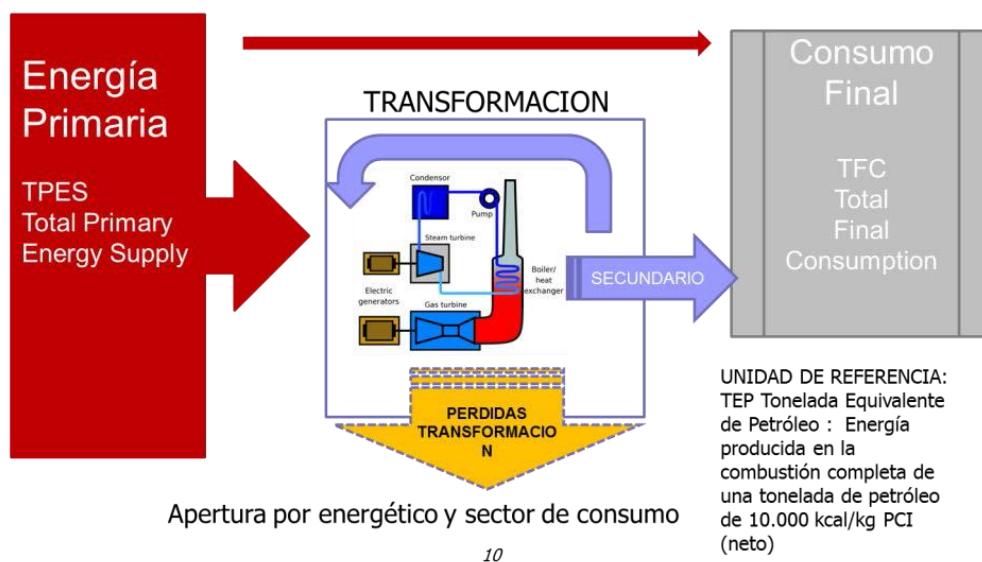
Según la Agencia Internacional de la Energía (IEA), desde 1970 hasta el 2010 la población mundial se duplicó, mientras que la demanda de energía creció 2,3 veces.

	Población Ghab	TPES G TEP	TEP/hab
1970	3,5	5,6	1,6
1980	4,4	7	1,6
1990	5,1	8,5	1,7
2000	6,0	11,5	1,9
2010	7,0	13	1,9
2010/1970	2 veces	2.3 veces	+19%

Las cifras de producción o consumo de energías se pueden consultar en las estadísticas o en los balances energéticos producidos por la IEA u otras. Es importante determinar si se está hablando de producción de energéticos primarios (en el estado en que son producidos o extraídos de la naturaleza) o secundarios (después de sufrir un proceso de transformación físico o químico o de cambio de estado comercial).

## Balance Energético

Sistema de contabilidad de producción y consumo de energía

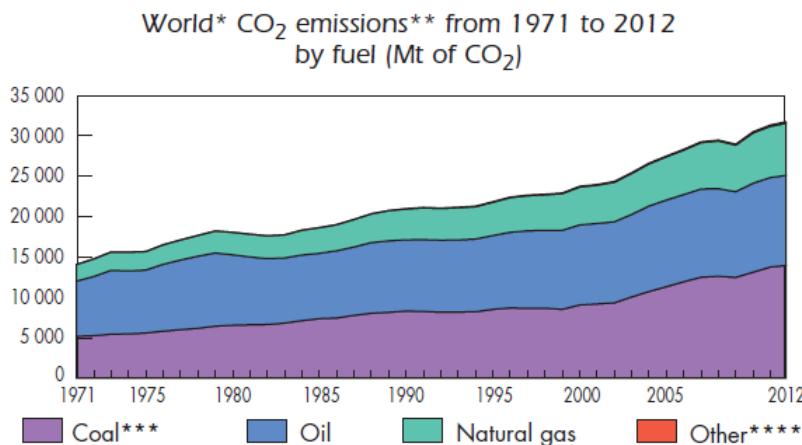


La producción total de energía primaria en el mundo alcanzó durante 2011 el valor de 13.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo (MTEP) cuyo origen

fue:

Energético Primario	Producción Anual GTEP	%
Carbón	3.8	28.8
Petróleo	4.2	31.5
Gas Natural	2.8	21.3
Nuclear	0.7	5.1
Hidráulica	0.3	2.3
Otros	2.4	11.0
<b>TOTAL</b>	<b>13.2</b>	<b>100</b>

Como se observa, casi un 82% corresponde a energéticos fósiles. La gran mayoría de esta producción está concentrada en no más de 10 países. Debido a sus consecuencias ambientales, este uso intensivo de fósiles lleva a organismos, agencias y expertos a buscar otras formas de producción de energía que mitiguen o detengan la creciente producción de gases de efecto invernadero.<sup>6</sup>



Para los países importadores de energía, la “diversificación de fuentes” se ha

<sup>6</sup> IEA – KWS.



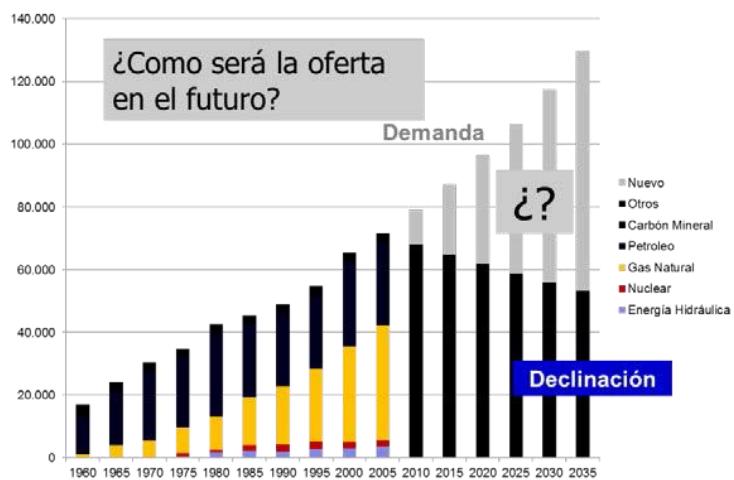
planteado como una necesidad estratégica, con el resultado del aumento del porcentaje de los renovables.

El Balance Energético Argentino muestra que los hidrocarburos son el componente principal del consumo de energía primaria. Según los datos del último balance publicado correspondiente al año 2012, la demanda de energía primaria (oferta interna) es de 79,14 MTEP con los siguientes porcentajes de aporte por energético:

Energético Primario	Porcentaje %
Hidráulica	3.9
Nuclear	2.3
Gas Natural	54.1
Petróleo	32.6
Otros	7.1

La situación del sector energético de la Argentina podría resumirse en los siguientes términos:

- Tendencia creciente de la demanda de energía.
- Fuerte dependencia de los hidrocarburos (87% petróleo y gas natural).
- Declinación de la producción local de petróleo y gas natural.





Las consecuencias son:

- La transformación en país importador de energía, con sus correspondientes consecuencias en la economía.
- La complicación logística para sostener un flujo creciente de importaciones.

Esta situación se produce en un país con una extensa superficie jurisdiccional, mencionada en los párrafos iniciales, que contiene innumerables recursos, en sus mayores partes desconocidos o no debidamente cuantificados. Entre estos, se puede mencionar el potencial energético del Mar Argentino que incluye hidrocarburos y recursos no convencionales, como eólica costa afuera y en particular energía oceánica, es decir, aquella proveniente de las olas, corrientes, mareas y gradientes térmicos.

Estas energías oceánicas son objeto de estudio y experimentación en muchas partes del mundo como una fuente alternativa de provisión de energéticos ambientalmente sostenibles. Más de 100 dispositivos en estudio, ensayo o construcción, han sido o están siendo diseñados. Existen numerosas publicaciones planes, prototipos, y equipos diseñados para aprovechar la energía de las olas, corrientes, mareas, gradientes térmicos y otras manifestaciones del potencial energético que ofrecen los océanos.

Es en Argentina, curiosamente sobre uno de los mares territoriales más extensos del mundo, donde hay poco material y lo que hay está disperso. El propósito del presente CATALOGO GEMA 2018 continuar llenando este vacío e incentivar el desarrollo de estas tecnologías con la certeza de que, si bien pueden no ser la alternativa más competitiva para la generación de energía, serán experiencias que contribuyan a afianzar la presencia argentina en nuestro mar.

Solo para finalizar corresponde señalar que esta iniciativa es realizada por los redactores y participantes en forma entusiasta y voluntaria, con el propósito de contribuir a desarrollar el potencial del Mar Argentino.

Precisamente en las Pautas Para Una Política Oceánica Nacional, elaboradas por la Academia del Mar e incluidas a la presente como Anexo II, se proponen los siguientes Principios generales para una Política Oceánica Nacional:



- Empleo del conocimiento.
- Enfoque interdisciplinario y sistémico.
- Océanos sanos y seguros hoy y para las próximas generaciones.
- Explorar, evaluar, explotar y utilizar los recursos del mar en un marco de desarrollo económico sustentable.
- Principio precautorio.
- Determinación de los intereses argentinos en el mar, tanto en las zonas de su jurisdicción como así también fuera de ellas.
- Libre ejercicio de los derechos.
- Capacidad y participación.
- Educación y conciencia marítima.

Estos principios generales encuentran plena aplicación para el desarrollo del potencial de la energía del Mar Argentino objeto y propósito del presente catálogo.





## **1. ESTADO DEL ARTE DE LA TECNOLOGÍA EN EL MUNDO**

### **INTRODUCCIÓN**

Al panorama tecnológico lo hemos tipificado en el Estado del Arte<sup>1</sup>, lo que nos ha significado rastrear, clasificar<sup>2</sup> y catalogar lo publicado a nivel mundial en cuanto a los avances en la generación de energía del mar. A la fecha, a los sistemas identificados los clasificamos en cinco grandes grupos: gradiente salino, gradiente térmico, undimotriz, corrientes y mareas. El primer sistema (gradiente salino) está aún en etapa de investigación. En cuanto a los de generación mediante mecanismos undimotrices, de turbinas sumergidas en el seno de corrientes marinas o fluviales y de centrales eléctricas mareomotrices, e inclusive desde el 2015 para la maremotérmica, hay avances que superaron la etapa puramente especulativa y teórica, en tanto ya existen instalaciones generadoras de energía. Por lo tanto, esto ha ajustado todavía más nuestra sistematización del estado del arte, centrándonos para estos cuatro últimos sistemas generadores en aquellos que tienen o han tenido en fechas cercanas, mecanismos construidos, instalados y probados o en funcionamiento comercial.

### **OBJETO DE ESTUDIO**

Asimismo, todas las instalaciones a las que hacemos referencia producen energía

---

<sup>1</sup> Souza, María Silvina, *El estado del arte* - Facultad de Periodismo y Comunicación social - Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Consultado en [www.perio.unlp.edu.ar/](http://www.perio.unlp.edu.ar/), el 20 julio 2014

<sup>2</sup> Molina Montoya, Nancy Piedad, *¿Qué es el estado del arte?* - Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia. Consultado en <http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/sv/article/view/1666>, el 20 julio 2014



eléctrica. De los cuatro últimos mencionados, las undimotrices son las que presentan mayor diversidad constructiva, ya que aprovechan tanto la energía potencial como la cinética. Más sencillo es para los generadores sumergidos en el seno de la corriente o los mareomotrices, en los cuales la transformación de energía mecánica se

realiza mediante la conversión de la cinética de la masa fluida en movimiento rotatorio, muy apropiado a los generadores eléctricos trifásicos síncronos.

El tema de estudio del GEMA, en términos generales, es la obtención de energía a través de recursos alternativos a los tradicionales recursos renovables. En efecto, los recursos renovables tradicionales incluirían a los generadores eólicos, los paneles solares fotovoltaicos, los paneles de calentamiento de agua u otros fluidos, las centrales solares termoeléctricas por concentración de la radiación solar, no considerados en el presente trabajo.

Por su especificidad y por el entorno en que se los instala, esos modos de generación de energía no atañen al campo de estudios del GEMA y por ello no nos ocuparemos. Inclusive, es de observar que algunos de esos sistemas están en uso comercial desde hace varias décadas y se encuentran ampliamente difundidos en el mundo. No pasa lo mismo con la generación de energía del mar. Para el GEMA, Argentina tiene un potencial no explorado en su extenso litoral marítimo, lo cual explica que centremos nuestra investigación sobre este campo como un aporte a los intereses estratégicos nacionales.





---

## 2.1. ENERGÍA MAREOMOTRIZ

La energía mareomotriz es la que resulta de aprovechar las mareas. Es decir, la diferencia de altura media de los mares según la posición relativa de la Tierra y la Luna, y que resulta de la atracción gravitatoria de esta última y del Sol sobre las masas de agua de los mares. Esta diferencia de alturas puede aprovecharse interponiendo partes móviles al movimiento natural de ascenso o descenso de las aguas, junto con mecanismos de canalización y depósito, para obtener movimiento en un eje. Mediante su acoplamiento a un alternador se puede utilizar el sistema para la generación de electricidad. De esta manera, se transforma la energía mareomotriz en energía eléctrica, una forma energética más útil y aprovechable. Es un tipo de energía renovable y limpia.

La historia de la energía mareomotriz tuvo su origen en la Antigüedad. La evidencia más temprana que existe del uso de las mareas del océano para la conversión de energía se remonta a unos 900 D.C., pero, es posible que haya habido predecesores que se perdieron en el anonimato de la Historia. Esas primeras plantas de energía mareomotriz utilizaban las cuencas de mar naturales para construir una barrera o represa a través de su entrada y dejaban que se llenara con la marea alta, así, contenían el agua mientras la marea bajaba y luego la dejaban fluir a través de una rueda hidráulica, rueda de paletas u otros dispositivos de conversión similares. La energía obtenida era usada generalmente para moler trigo y estaba disponible alrededor de dos o tres horas seguidas, usualmente dos veces al día.

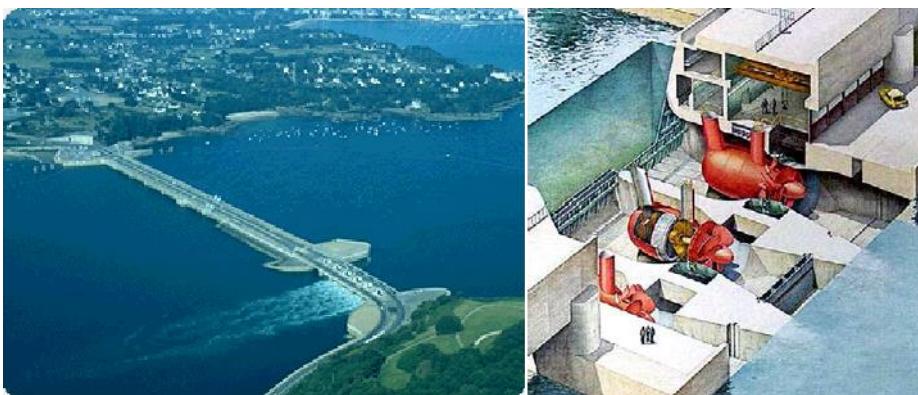
La cantidad de energía demandada en un mundo ahora industrializado dejó en el olvido esas viejas barreras de marea. No fue hasta 1960 cuando la primera central moderna de energía mareomotriz fue construida, en los alrededores de Saint Malo, Francia, a una escala ya comercial.





## CENTRALES ó ARTEFACTOS CONSTRUÍDOS

### CENTRAL MAREOMOTRIZ LA RANCE<sup>3</sup>



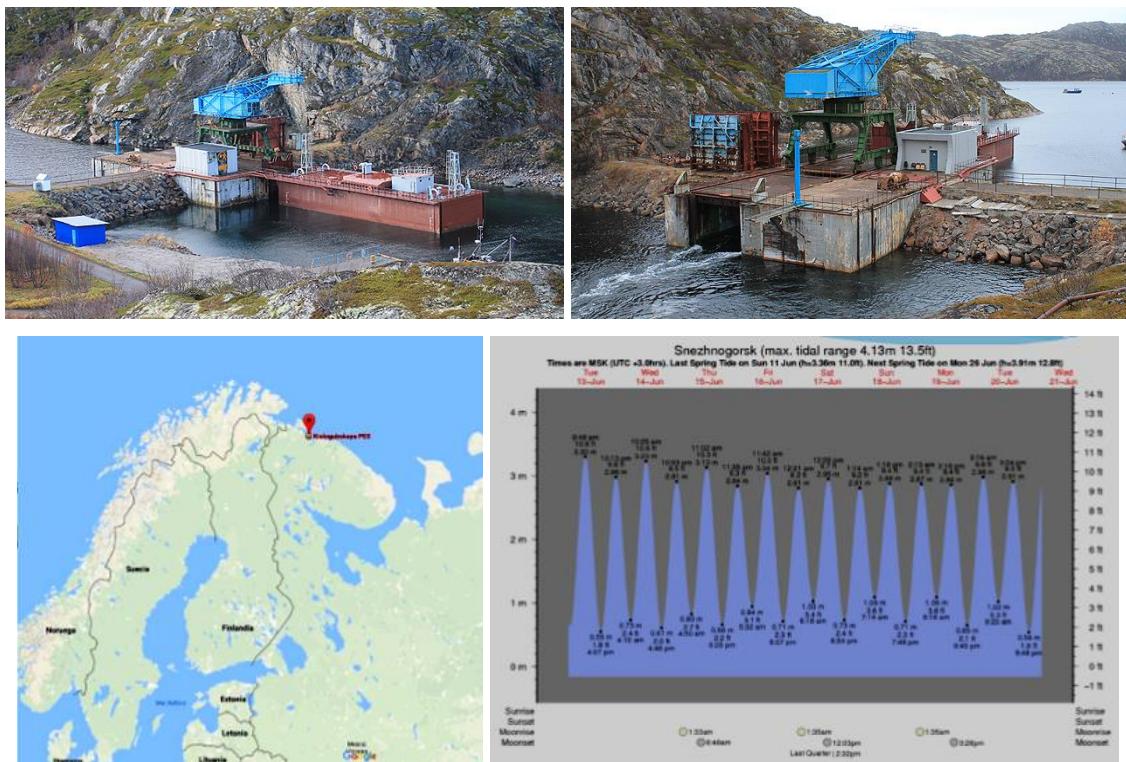
La construcción de esta central comenzó en 1960 en Francia. El sistema usado consiste en una presa de 330 m de largo y una cuenca de 22 km<sup>2</sup> con un rango de marea de 8 m. La obra se terminó el 4 de diciembre de 1967, cuando 24 turbinas ‘Bulbo’ de 5.4 m de diámetro y de 10 MW cada una, fueron conectadas a la Red de Transmisión Francesa de 225 KV. Estas turbinas permiten una generación en ambas mareas. Son turbinas de flujo axial, una variante de las Kaplan.

La Rance es la primera central mareomotriz a escala exitosa; no ha ocurrido ninguna inundación a causa de la represa y los impactos ambientales son mínimos. En este caso, la barrera fue lo suficientemente grande como para construir una ruta con dos carriles dobles que creó así un atajo de 28 kilómetros para los ciudadanos. La central produce 0,012% de la energía total consumida en Francia con un pico de producción de 240 MW con sus 24 turbinas. La salida anual es de 600 GWh, con aproximadamente 68 MW de promedio.

<sup>3</sup> Fuente: Universidad de Cantabria, Pedro Fernández Diez



## CENTRAL DE KISLAYA GUBA (KISLOGUBSKAYA)



*Kislaya Guba (KISLOGUBSKAYA)Mareomotriz*<sup>4,5</sup>

Ubicada en el mar de Barentz, Rusia, empezó a funcionar como planta piloto en 1968. Es la segunda del mundo de esta clase y dispone de una turbina bulbo de 0,4 MW.

Los módulos de la sala de máquinas y del dique fueron fabricados en tierra y llevados flotando al lugar elegido. Fue concebida como banco de ensayos para la instalación mareomotriz de Penzhinsk, proyecto que en la actualidad ha sido suspendido. La marea es semidiurna, con una velocidad de 3,6 m/seg. La amplitud media es de 2,4 m, en el intervalo de 1,1 m a 4 m. El embalse de 1,1 km<sup>2</sup>, tiene dos depresiones de una profundidad de 36 m separadas una de otra por una zona de 3 m de profundidad.

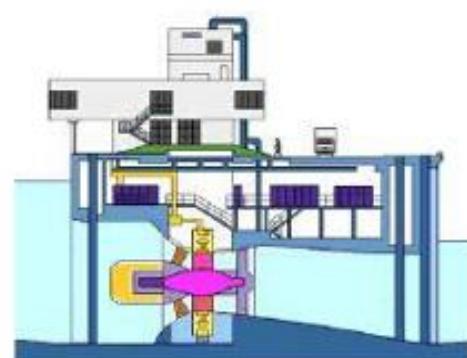
<sup>4</sup> Ver en [http://en.wikipedia.org/wiki/Kislaya\\_Guba](http://en.wikipedia.org/wiki/Kislaya_Guba)

<sup>5</sup> INA (Instituto Nac del Agua). Laboratorio de Hidráulica. Ezeiza /Buenos Aires/Argentina



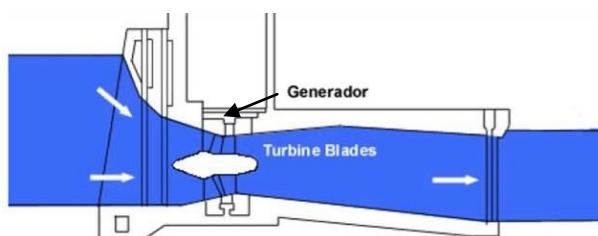
## ANNAPOLIS ROYAL TIDAL STATION

Está situada en el río Annapolis en la Bahía Fundy, en la frontera Estados Unidos-Canadá. La amplitud máxima de la marea puede alcanzar los quince (15) metros. La altura del dique es de 30,5 m y la longitud de 46,5 m. El aprovechamiento se consigue con una turbina Straflo, en experimentación desde 1984, de 18 MW y consumo de 400 m<sup>3</sup>/seg. Es axial, de 4 palas, e incorpora un alternador de 144 polos. Funciona como turbina sólo en un sentido, tiene mayor rendimiento que la Bulbo y no está todavía totalmente desarrollada por problemas inherentes a la estanqueidad del alternador.



*Annapolis Royal Tidal Station<sup>6</sup>*

La turbina Straflo es de reacción; combina el rodete de la turbina y el rotor del generador. El anillo exterior del rodete aloja las bobinas del estator del generador, con lo cual el conjunto es corto y compacto, pues elimina el eje entre ambos componentes<sup>7</sup>.



<sup>6</sup> Ver en <http://www.industcards.com/hydro-canada.htm>

<sup>7</sup> Real Academia de Ingeniería. Ver en <http://www.viajes.ilunion.com/es/lema/turbina->

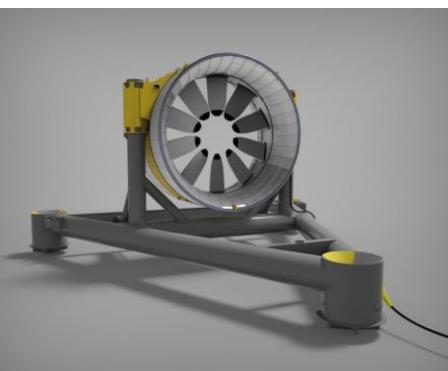


### MAREOMOTRIZ CAPE SHARP (Canadá)

Este dispositivo puede catalogarse tanto como turbina de corrientes marinas (hidrocinética) como turbina mareomotriz. La incluimos en esta segunda categoría porque la corriente es producida por la existencia de salto de mareas. También está ubicada en la bahía Fundy, pero con un salto de mareas de 13 metros (Annapolis tiene 15 metros) y con una potencia instalada funcionando de 2 MW desde 2016, con posibilidades de llegar a producir hasta 4 MW en el futuro, mediante una segunda turbina. El proyecto es llevado adelante por el Fundy Ocean Research Center for Energy (FORCE). La generación eléctrica se consigue mediante una turbina de centro abierto (centro virtual) de 2 MW, que pesa 1000 toneladas, tiene 16 metros de diámetro y se sostiene por sendos pilotes apoyados sobre una base. No puede girar azimutalmente para optimizar el enfrentar la corriente de marea, pero no es necesario por la constancia de los parámetros, incluyendo la dirección.



*Transportada sobre 2 pontones<sup>8</sup>*



*Esquema<sup>9</sup>*

### MAREOMOTRIZ EDF PAIMPOL-BRÉHAT (Francia)

Esta central tiene dos turbinas de centro abierto, cada una con una Potencia 2 MW,

hidr%C3%A1ulica-de-straflo

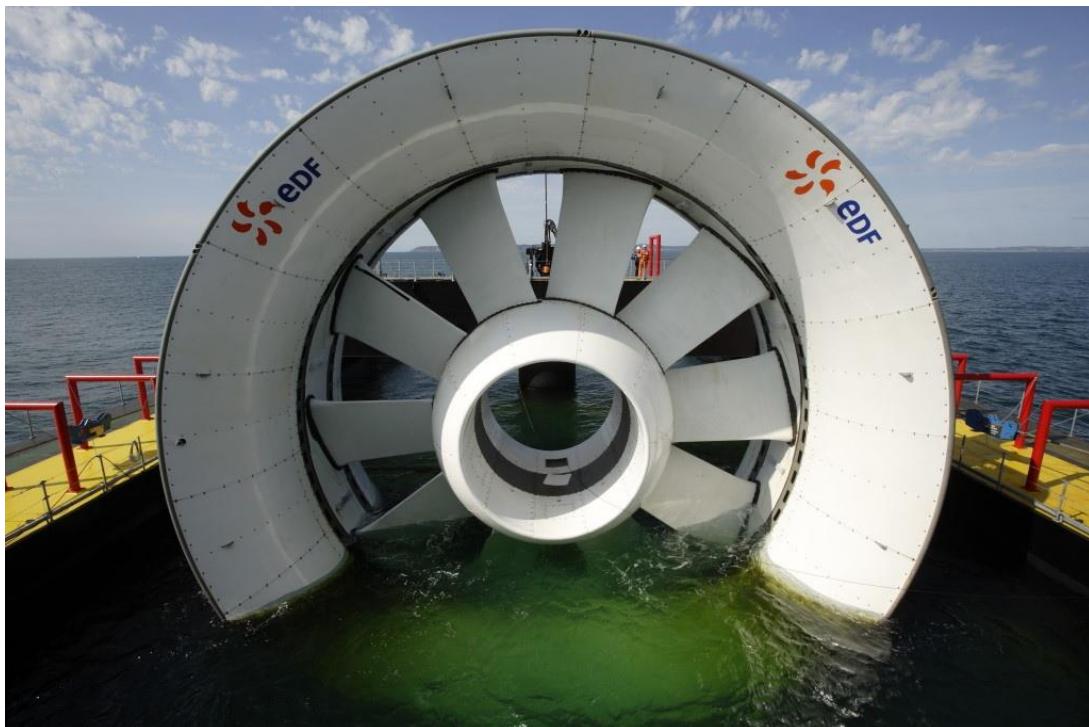
<sup>8</sup> INA (Instituto Nac del Agua). Laboratorio de Hidráulica. Ezeiza /Buenos Aires/Argentina

<sup>9</sup> Ver en <http://image.digitalinsightresearch.in/Uploads/ImageLibrary/Active/2016Q3/1.Business%20Review/EBR/openhydro-turbine.jpg>



---

un peso de 850 toneladas y 16m de diámetro, con un modesto salto de mareas de 6 metros. Está en funcionamiento desde 2016<sup>10,11</sup>



La rotación de la turbinas impulsa un alternador que genera una corriente eléctrica variable (dependiente de la corriente marina, es esta caso producida por el salto de mareas). La electricidad se transforma en un convertidor antes de ser transmitida a la costa y así alimentar a la red eléctrica.

Este proyecto se inició en 2012, como un proyecto de demostración de EDF en Paimpol-Bréhat en Bretaña, Francia. Se alcanzó un éxito importante con la inmersión del primer prototipo de 2 MW, diseñado por Open-Hydro. (Continuó en 2014, desarrollando el proyecto "Normandy Hydro" con siete turbinas de marea a instalar en Alderney entre la península de Cotentin y las Islas del Canal. Habiendo obtenido el contrato y permisos del gobierno francés, piensa que conectar las turbinas a la red eléctrica en 2018).

---

<sup>10</sup> Ver en <https://www.edf.fr/en/the-edf-group/industrial-provider/renewable-energies/marine-energy/marine-current-power>

<sup>11</sup> INA (Instituto Nac del Agua). Laboratorio de Hidráulica. Ezeiza /Buenos Aires/Argentina



## POWER STATION ULDOLMOK

Power Station Uldolmok Tidal es una usina de energía que aprovecha las mareas; está ubicada en Uldolmok, Condado de Jindo, Corea del Sur.



*Power Station Uldolmok Tidal<sup>12</sup>*

El gobierno de Corea del Sur puso en funcionamiento la planta el 14 de mayo de 2009. Costó 10 millones dólares estadounidenses y tiene una capacidad instalada de 1 MW. Posee turbinas Gorlov de triple hélice de 1 m de diámetro y 2,5 m de longitud. Se utilizan para recoger de flujo cruzado de las fluctuaciones de las mareas y generan 2,4 GWh al año, lo suficiente para satisfacer la demanda de 430 hogares. Adicionalmente, se agregó una potencia 0,5 MW en junio de 2011.

El gobierno de Corea del Sur pensaba aumentar esta capacidad de 1 MW a 90 MW a finales del año 2013, debido al aumento de la demanda, simultáneamente al desarrollo de la central eléctrica de 254 MW Sihwa Lake Tidal. Planea generar 5.260 GWh a través de la energía mareomotriz en 2020. El Estrecho Uldolmok tiene velocidades de agua de marea que exceden los 6,5 m/s, con un ancho del estrecho de aproximadamente 300 m.

## SIHWA LAKE TIDAL

Power Station Sihwa Lake Tidal, en Corea del Sur, es la instalación de energía

<sup>12</sup> Fuente: <http://tethys.pnnl.gov/annex-iv-sites/uldolmok-tidal-power-station>



mareomotriz más grande del mundo, con una potencia total de 254 MW, que supera el 240 Central Eléctrica MW Rance Tidal que fue la mayor del mundo durante 45 años antes de 2011. La estructura utiliza un dique construido en 1994 para la agricultura y la mitigación de inundaciones. Este posee diez turbinas bulbo de 25,4 MW de potencia cada una. La energía se genera solo en las entradas de las mareas. Este enfoque poco convencional y relativamente ineficiente ha sido elegido para equilibrar una mezcla compleja de uso existente del suelo, uso del agua, la conservación del medio ambiente y las consideraciones de generación de energía.



*Power Station Sihwa Lake Tidal<sup>13,14</sup>*

La estación de energía de las mareas proporciona beneficios ambientales indirectos, así como la generación de energía renovable. El costo del proyecto fue de U\$D293 millones, aproximadamente 1 millón de dólares por MW. La media de amplitud de la marea es de 5,6 m. El área de la cuenca de trabajo fue originalmente destinado a ser de 43 km<sup>2</sup>, aunque esto ha sido reducido por la recuperación de tierras y diques de agua dulce.

### **JIANGXIA TIDAL POWER STATION**

La planta de energía mareomotriz Jiangxia se encuentra en Wuyantou, Wenling, provincia de Zhejiang, China. El diseño propuesto para la instalación era de 3.000 kW,

---

<sup>13</sup> Fuente: <http://tethys.pnnl.gov/annex-iv-sites/sihwa-tidal-power-plant>



la capacidad instalada actual es de 3.200 kW, generado a partir de una unidad de 500 kW, una unidad de 600 kW, y tres unidades de 700 kW, por un total de la capacidad instalada de 3.200 kW. Se realizaron propuestas para instalar una sexta unidad de 700 kW, pero esto aún no se ha realizado. La instalación produce hasta 6,5 GWh de energía al año. La planta de energía mareomotriz Jiangxia alimenta la demanda de energía de los pequeños pueblos, en un radio de 20 km, a través de una línea de transmisión de 35 kV. El alcance máximo de las mareas en el estuario es de 8,39 m.



### EASTERN SCHELDT TOCARDO (Holanda)

Es parte de un complejo de diques pre-existentes que tienen como función primordial hacer de barrera contra las tormentas provenientes del mar. Esta instalación instalación comercial de mareas consta de cinco turbinas conformando un conjunto. Las turbinas modelo Tocardo<sup>15</sup> T2 están equipadas con palas bidireccionales por lo cual producen electricidad en el flujo y reflujo. Las compuertas de la barra solamente cierran cuando se acerca una muy fuerte tormenta. El modelo T1 es la turbina disponible. Al generar energía de manera predecible y rentable, la T1 es la turbina mareomotriz que se

<sup>14</sup> INA (Instituto Nac del Agua). Laboratorio de Hidráulica. Ezeiza /Buenos Aires/Argentina

<sup>15</sup> Datos del fabricante: Tocardo International BV - Sluiskolkade 2, 1779GP, Den Oever, The Netherlands (head office) P: +31-227-726 200 - E: sales@tocardo.com - Web: www.tocardo.com.



ubica en su segmento de mercado para potencias que van desde 50 a 100 KW. El modelo T2 es una mejora del que aquí presentamos.



*Mapa de contexto*

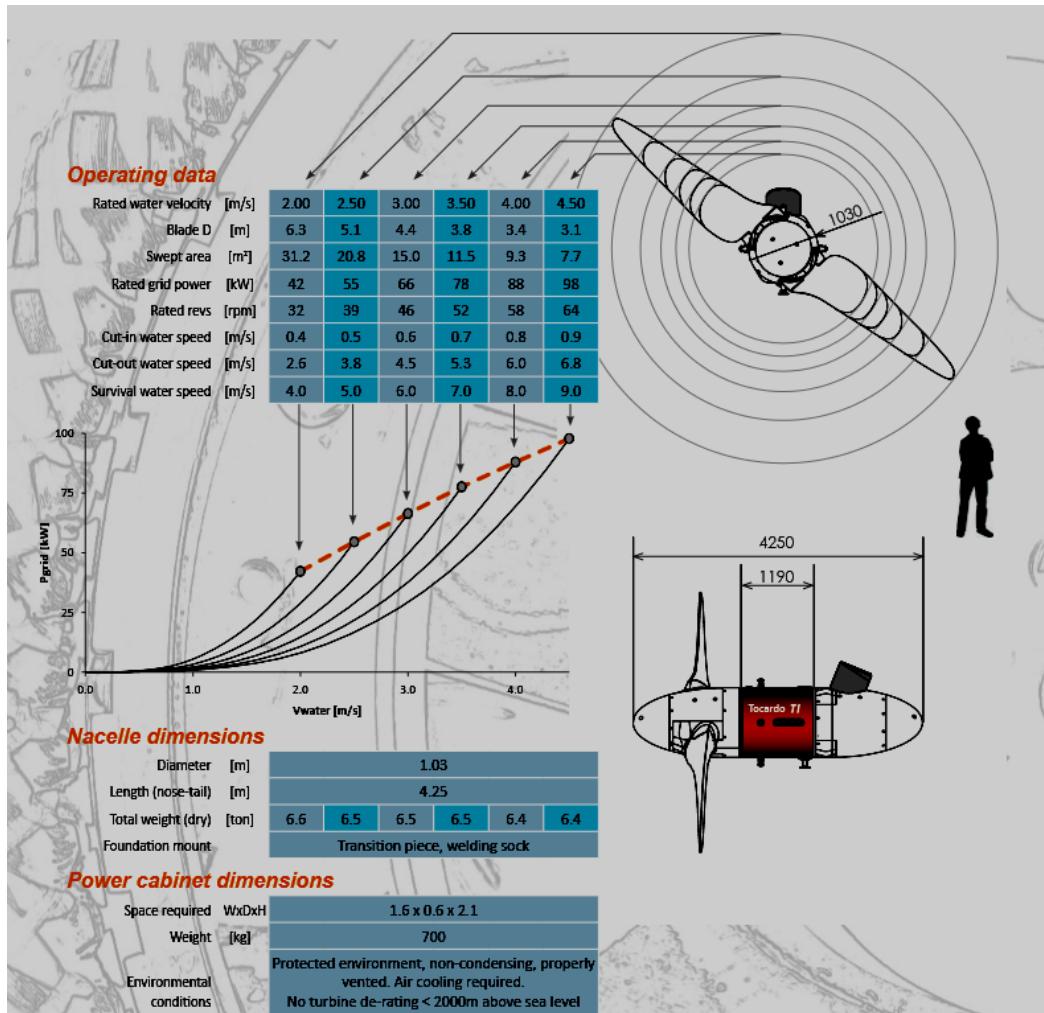


*Mapa de detalle<sup>16</sup>*

---

Información suministrada por Ing Carlos Trentadue, GEMA.

<sup>16</sup> Ver en Google (2918), <https://www.google.com.ar/maps/place/Eastern+Scheldt+Storm+Surge+Barrier/@51.6372367,3.7790525,11.84z/data=!4m5!3m4!1s0x47c492c135da5863:0xbe541ebe5ff9ed4a!8>



Tocardo Modelo T1 (en uso industrial)

<b>General</b>		<b>Generator</b>
Number of blades	2	Type 14-pole, permanent magnet, direct drive, variable speed
Power regulation	Fixed pitch, variable speed, multi-stage power curve	Model Tocardo DD702HT
Directionality	Bi-directional, reversible blade	
Power curve up to Vrated	optimised nominal	
Power curve above Vrated	3rd order, stall regulated (overdrive mode)	
Water conditions	Fresh- and salt water, temperature < 20 ° C	
Specifications and energy yields are for information purposes only and do not represent any warranty or promise; data is subject to change without prior notice.		
2	© 2014 Tocardo International BV	



## MEYGEN (Escocia)

Parque de turbinas de marea offshore en etapa de instalación y pruebas<sup>17</sup>. Se determinó el área propicia en el 2007; el proyecto inició a principios de 2010; se piensa que entregará Potencia para 2020, en área a profundidades de entre 31 m y 39 m. Están en montaje las primeras turbinas de dos diseños: Atlantis y Andritz Hydrohammerfest llegando oportunamente 398MW instalados en total con 269 turbinas.



**ANDRITZ HYDROHAMMERFEST<sup>18</sup>:** las turbinas de marea se describen mejor como molinos de viento submarinos, pero con palas más cortas que giran a menor velocidad. Diseñadas para profundidades de agua de entre 35 y 100 m, las turbinas de marea se despliegan en el lecho marino y se mantienen en posición por simple gravedad, por enclavamiento mecánico o pilotes (según las características del lecho marino y las corrientes de marea). Esto elimina cualquier impacto visual o audible sobre la superficie y, además, el tráfico de envío normal no se verá afectado por la presencia de las matrices de marea. Toda la subestructura está diseñada para tener una huella pequeña mientras que la góndola está optimizada para minimizar el efecto de estela provocado por los flujos de agua. Se han desarrollado metodologías de instalación marinas únicas para minimizar los tiempos de instalación y excluir el uso de buzos, que requieren solo el soporte de vehículos operados a distancia (ROV) con fines de monitoreo.

### Características técnicas

Rango de potencia: 500-2,000 kW (dependiendo del sitio)

Regulación de la potencia: Palas de ángulo variable, sistema de control de guiñada,

<sup>17</sup> INA (Instituto Nac del Agua). Laboratorio de Hidráulica. Ezeiza /Buenos Aires/Argentina



---

control de velocidad variable

Profundidad de operación: 35-100 m

Área barrida por el Rotor: 300-500 m<sup>2</sup>

Velocidad nominal: aprox. 10 rpm

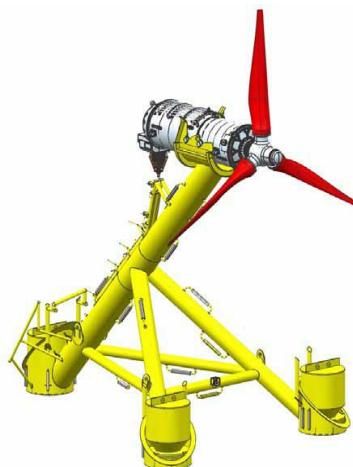
Tipo de generador: Inducción

Peso del bulbo: aprox. 130 toneladas

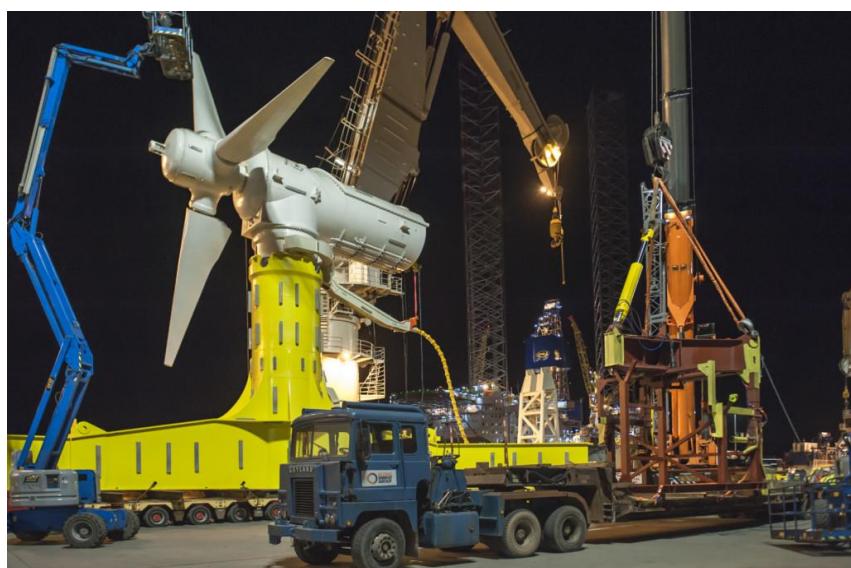
Peso de la subestructura: aprox. 150 toneladas

Tiempo de vida útil: 25 años

Servicio cada: 5 años



ATLANTIS<sup>19</sup>: La primera fase del proyecto MeyGen (Fase 1A) implicó el despliegue de 4 turbinas de No. 1.5MW instaladas en estructuras de soporte de turbinas de gravedad como parte de la estrategia de implementación y monitoreo de MeyGen. Cada turbina está ubicada sobre una base individual que pesa entre 250 y 350 toneladas, junto con 6 bloques de lastre que pesan 1.200 toneladas que proporcionan estabilidad horizontal durante la vida útil de la turbina.



---

<sup>18</sup> Ver en <http://www.andritzhydrohammerfest.co.uk/tidal-turbines/>

<sup>19</sup> Ver en <https://www.atlantisresourcesltd.com/projects/meygen/>



Cada turbina tiene un cable eléctrico submarino colocado directamente en el lecho marino y llevado a tierra a través de un pozo perforado direccional horizontalmente dentro del lecho rocoso de la playa. Atlantis proveerá 86MW y el resto lo hará Andritz Hydrohammerfest llegando oportunamente 398MW instalados totales. El proyecto es comercialmente viable y técnicamente factible y las lecciones extraídas de la construcción, instalación, operación y mantenimiento de esta fase del proyecto se incorporarán a las fases posteriores.

## PROYECTO MAREMOMOTRIZ MAGALLANES (España)

A fines de 2015<sup>20</sup> se llevó a cabo en Galicia la botadura de la estructura para generar electricidad de las mareas.



<sup>20</sup> <http://www.vigoe.es/vigo/maritima/item/7472-el-proyecto-magallanes-ya-esta-en-el-agua> (consultado



---

El sistema Magallanes se basa en un trimarán de acero que incluye un tubo con una parte sumergida donde se instalan los generadores. La plataforma está fondeada mediante dos líneas de anclaje a proa y a popa. Por ser flotante, no implica construcción alguna sobre el fondo marino y permite su instalación en cualquier área del mundo. La plataforma mareomotriz tiene un Peso de 350 Ton, un Calado de 25 m, una Eslora de 45 m, una Manga de 6 m y una Potencia de 2 MW, con 2 rotores orientables de 19 m diámetro. Últimos pasos<sup>21</sup>: 2017, botadura y pruebas en mar con el prototipo a escala real. Entre 2017-2018: pruebas en Vigo (España) y Escocia (EMEC).



---

nov 2015). También en [www.mecanica.frba.utn.edu.ar/energiaundimotriz/](http://www.mecanica.frba.utn.edu.ar/energiaundimotriz/) (consultado enero 2018)  
<sup>21</sup> <http://www.magallanesrenovables.com/es/proyecto>. Consultado enero 2018





## 2.1. ENERGÍA UNDIMOTRIZ

### INTRODUCCIÓN

La energía Undimotriz es la que poseen las ondas marinas. Estas ondas se forman, principalmente, a partir de la presión que ejercen los vientos sobre las capas superficiales de agua en el mar. La generación de ondas está afectada en menor grado por las fuerzas gravitatorias, el efecto Coriolis, las variaciones de la presión atmosférica, el movimiento de placas tectónicas y la rotación de la tierra.

Los primeros testimonios sobre la utilización de la energía de las olas se encuentran en China, donde, en el siglo XIII, empiezan a operar molinos por acción del oleaje. Al principio del siglo XX, el francés Bouchaux-Pacei suministra electricidad a su casa en Royan mediante un sistema neumático, parecido a las actuales columnas oscilantes. En esta misma época, se prueban sistemas mecánicos en California, y en 1920 se ensaya un motor de péndulo en Japón. Desde 1921, el Instituto Oceanográfico de Mónaco, utiliza una bomba accionada por las olas para elevar agua a 60m con una potencia de 400 W. En 1958, se proyecta una central de 20 MW en la isla Mauricio, pero, no llegó a construirse. Consistía en una rampa fija sobre un arrecife a través de la cual subía el agua a un embalse situado 3m por encima del nivel del mar. Los franceses fabricaron en Argelia en los años cuarenta dos plantas piloto tipo con canal convergente. En 1975, se construye un sistema similar en Puerto Rico con el fin de alimentar con agua un puerto deportivo.

Uno de los pioneros en el campo del aprovechamiento de la energía de las olas, fue el japonés Yoshio Masuda que empezó sus investigaciones en 1945 y ensayó en el mar en 1947, el primer prototipo de un Raft. A partir de 1960, desarrolla un sistema neumático para la carga de baterías en boyas de navegación con una turbina de aire de 60 W, cuyas ventas alcanzaron más de 1.200 unidades.

En los años 1970 se construye en Japón una plataforma flotante de 80 m de largo y 12 m de ancho llamada Kaimei, que alberga 11 cámaras para ensayos de turbinas de aire. La investigación a gran escala del aprovechamiento de la energía de las olas se



inicia a partir de 1974 en varios centros del Reino Unido, donde se estudian sofisticados sistemas para grandes aprovechamientos, actividad que se abandona casi totalmente en 1982 por falta de recursos económicos. A mediados de los ochenta, entran en servicio varias plantas piloto de distintos tipos en Europa y Japón.





## CENTRALES ó UNIDADES CONSTRUÍDAS

### WAVE ENERGY PLANT (Portugal, Pico, Islas Azores)

La planta piloto (de columna de aire oscilante) en la isla Pico<sup>1</sup> de las Islas Azores tiene

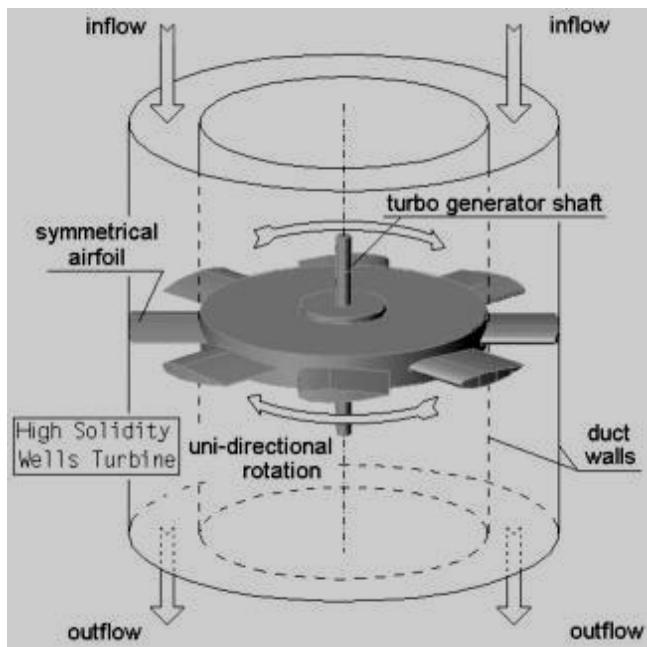
una potencia nominal de 400 kW. Fue construida entre 1995-1999, con financiación de la UE. Problemas de funcionamiento con la turbina Wells y accidentes debidos a inundaciones demoraron el programa de pruebas planificado después de la puesta en marcha de la planta. Las pruebas realizadas en un corto período en 1999 tuvieron que ser suspendidas. Durante 2003-2005 se llevó a cabo un programa de trabajos de reparación, coordinado por el Wave Energy Center en Portugal. Seguidamente se describe el monitoreo de la planta Pico durante la demostración a gran escala en septiembre-noviembre de 2005 y los resultados obtenidos.



**Fig.1 – OWC Pico Plant, Azores. Lateral perspective and back view (operation during a normal autumn day - Sept 2005)**

Los datos fueron recolectados para un rango de alturas significativas de oleaje entre 1.0 y 3.5 metros y períodos de energía entre 8.0 y 12.0 segundos. La velocidad máxima de la turbina debió limitarse a 1200 rpm (año 2005), hasta la resolución de un problema de vibraciones (principios de 2006). Esta planta está equipada con una sola turbina Wells de eje horizontal con palas de paso fijo y velocidad de rotación en el rango de 750-1500 rpm. A cada lado del rotor, está instalado un estator guía que lleva paletas de acero fijas, para aumentar el rendimiento aerodinámico de la turbina. Se adoptó un generador asincrónico de 400 kW del tipo de inducción de rotor bobinado.

<sup>1</sup> Artículo “Results from sea trials in the OWC European Wave Energy Plant at Pico, Azores”. Autores: A. Sarmento, A. Brito-Melo, F. Neumann. Publicado por IST, Av. Rovisco Pais, 1, Lisbon 1049-001, Portugal b Wave Energy Centre, Av. Manuel da Maia, 36, r/c D., Lisbon 1000-201, Portugal



La turbina Wells es de alta solidez y convierte la energía de onda de una columna de agua oscilante. La turbina Wells tiene varias características favorables (por ejemplo, simplicidad y alta velocidad de rotación) aunque se caracteriza por un rango operativo relativamente estrecho con alta eficiencia.

*Esquema de una turbina Wells<sup>2</sup>*

## SISTEMA S.D.E ENERGY LTD.



*SDE Energy Ltd System<sup>3</sup>*

El sistema SDE consiste en el aprovechamiento del movimiento de las olas para generar presión hidráulica. A través de una turbina se produce electricidad. Existe un modelo operativo en Israel, que genera un promedio 40 kW, y, otro en China de 150 kW, en funcionamiento desde 2012. La empresa propietaria es S.D.E Energy Ltd.

<sup>2</sup> M. Torresi, S. M. Camporeale and G. Pascazio (2009). ASME. En <http://fluidsengineering.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=1478271>

<sup>3</sup> Fuente: <http://www.sdeglobal.com>



## WAVE STAR



*Wave Star Energy<sup>4</sup>*

Es denominado absorbedor multipunto debido a su configuración, ya que está equipado de una cantidad determinada de flotadores, los cuales por efecto de las olas accionan unas bombas hidráulicas. Estas conducen aceite bajo presión a una turbina hidráulica, la que a su vez impulsa un generador eléctrico.

En 2006, un modelo a escala 1:10 fue probado en la localidad de Nissum Bredning en Dinamarca y durante 2007 se instaló en equipo a escala 1:2 de 2 flotadores con 25 kW por la empresa Wave Star Energy y la Universidad de Aalborg de Dinamarca.

## PELAMIS



*Pelamis Wave Power<sup>5</sup>*

El principio de funcionamiento se basa en aprovechar el movimiento que se produce en la articulación de la “serpiente marina” mediante pistones hidráulicos. La energía hidráulica es enviada a un tanque unificador de presión para luego ser pasar a

<sup>4</sup> Fuente: <http://wavestarenergy.com>

<sup>5</sup> Fuente: <http://www.pelamiswave.com>

una turbina hidráulica que se encuentra conectada a un generador eléctrico<sup>6</sup>. En las costas de Portugal, se han instalado tres equipos de 750 kW cada uno con 150 m de largo y tres metros de diámetro. Los equipos fueron retirados para hacerles modificaciones técnicas y se creó el nuevo Pelamis 2. Las empresas responsables del proyecto son EON y Scottish Power Renewables.



El proyecto Pelamis P2 de energía de las olas se lanzó en Escocia, por parte de la empresa española Iberdrola, a través de su filial británica Scottish Power Renewables (2011)<sup>7</sup>.



*Despliegue: Generadores de energía de las olas Pelamis (Escocia) / Pelamis Wave Energy Converter (Scotland)*

<sup>6</sup> Ver imagen; fuente Undimotriz–YouTube image a través de electronoticias-blogger

<sup>7</sup> Ver en <https://www.iberdrola.com/sala-comunicacion/noticias/detalle/iberdrola-lanza-el-proyecto-pelamis-p2-de-energia-de-las-olas-en-escocia-9735906520111108>



## MUTRIKU



*Mutriku<sup>8</sup>*

Aprovechando la construcción del nuevo dique de abrigo de Mutriku, España, ha incorporado al proyecto del dique una planta de aprovechamiento de energía de las olas mediante la tecnología de Columna de agua oscilante. Esta planta, de 300 kW de potencia y 16 grupos turbogeneradores, es la primera con configuración multi-turbina del mundo. Ocupa 100 metros de dique y es la primer planta undimotriz en conectarse a la red eléctrica española en 2011. Las cámaras de aire que se encuentran dentro del dique son comprimidas por el movimiento ondular del mar. Luego, ese aire ingresa a una turbina de aire bidireccional.

## PECEM – BRASIL

La planta instalada a modo de prueba en Brasil, en el puerto de Pecem en Ceará, en el 2013, tiene como antecedente un prototipo a escala más chica en la Universidad Federal de Rio de Janeiro.





Las boyas absorben la energía undimotriz para comprimir un pistón que envía agua a presión a una cámara hiperbárica. Se homogeneiza la presión para luego ser enviada a una turbina Pelton. El fluido utilizado es agua.

## OPT – MARK 3



*Ocean Power Technologies<sup>9</sup>*

La empresa OPT inc. de Estados Unidos comenzó a desarrollar esta tecnología en 2009 en las islas Hawaii. El último dispositivo Mark-3 de Ocean Power Technology en sus fases de pruebas alcanzó los 866 kW de potencia. La empresa OTP está desarrollando Mark 4 que será de 2,4 MW de potencia. Estos equipos son clasificados como absorbedores puntuales, constan de una parte fija, de un cilindro central y de una parte móvil, la boya exterior. El equipo aprovecha el movimiento de la parte móvil producido por el oleaje para accionar unos pistones hidráulicos que envían aceite a presión a una turbina acoplada a un generador eléctrico.

## MARMOK A-5

Es un captador de energía de las olas, diseñado por la empresa vasca Oceantec Energías Marinas. El prototipo tiene forma de boya y está conectado a la red eléctrica

---

<sup>8</sup> Fuente: <http://www.eve.es/Proyectos-energeticos/Proyectos-en-desarrollo/Mutriku.aspx>



general<sup>10</sup>. El dispositivo flotante emplea la tecnología de columna de agua oscilante acaba de cumplir su primer año de producción. Denominado Marmok A-5 es un dispositivo en acero que contiene todo el equipamiento mecánico y eléctrico capaz de generar energía mediante el movimiento de las olas. Tiene unas dimensiones de 42 metros de largo y un diámetro de 5 metros, con un peso de 30 toneladas, sumergido casi en su totalidad, salvo la cabeza flotante. Genera energía mediante la tecnología OWC (columna de agua oscilante), que aprovecha el movimiento de las olas para turbinar aire y producir electricidad.

Botado en octubre de 2016 en el dique que la empresa Navacel tiene en la ría de Bilbao, fue remolcado 10 kilómetros hasta su ubicación en Bimep, donde quedó amarrado y conectado a tierra mediante cables eléctricos submarinos; por este medio se transportó a tierra la energía eléctrica generada además de los datos de su funcionamiento necesarios para su validación tecnológica. Este equipo ha realizado todas las pruebas y validaciones de ensayos en Euskadi, primero en laboratorios de Tecnalia, luego en Mutriku, y finalmente en Bimep



*Remolcándolo*



*En posición*

## DEXAWAVE



*Dexawave<sup>11</sup>*

<sup>9</sup> Fuente: <http://www.oceanpowertechnologies.com>

<sup>10</sup> Fuente: Energías Renovables. España. Extraído del boletín Energía Estratégica. 12/2017

<sup>11</sup> Fuente: <http://www.dexawave.com>

Dexawave es un proyecto danés. Consta de dos estructuras flotantes unidas mediante articulaciones que mueven pistones hidráulicos que a su vez, envían agua a presión a una turbina para luego hacer girar un alternador. El prototipo a escala 1:5 fue probado en el Mediterráneo desde 2010 hasta 2012. Su potencia nominal es de 5 kW.

## AQUA MARINE POWER (Escocia)<sup>12</sup>

El dispositivo de Aqua Marine Power consiste en una base sumergida y apoyada en el lecho marino con profundidades que varían de los 10 a 15 m.



*Aquamarine Power Oyster<sup>13</sup>*

Un flotador, que se articula con la base, acciona pistones hidráulicos al ser desplazado hacia adelante y hacia atrás con el vaivén de las olas. Este pistón envía agua a presión a un sistema, ubicado sobre la costa, que homogeniza la presión y la re-envía a una turbina Pelton acoplada a un generador eléctrico. Entre 2009 y 2012, fueron probados varios equipos con distintas potencias. El último equipo fue probado en 2012 en las costas de Escocia.

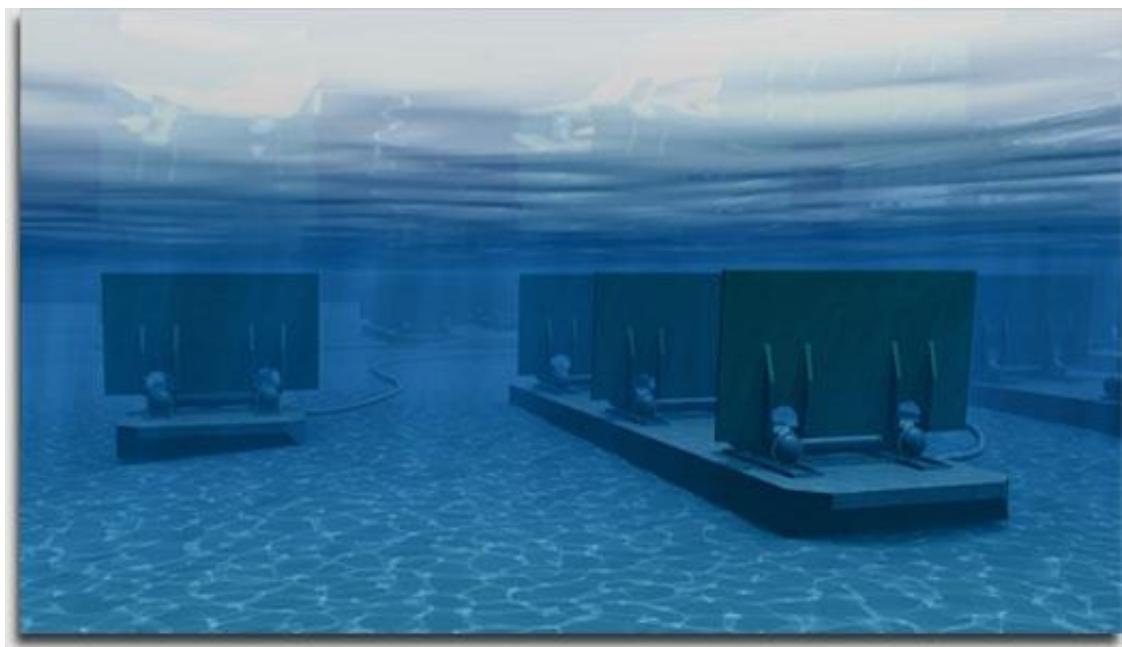
<sup>12</sup> Nota de los autores: Wave Energy Scotland (WES), filial de Highlands and Islands Enterprise (HIE), la agencia de desarrollo económico y comunitario del gobierno de Escocia, acaba de lanzar una nueva biblioteca que ofrece más de un centenar de documentos como resultado de su programa de desarrollo e investigación del campo de la energía undimotriz. Desde el 20 de junio 2017 está librera está abierta y la UTN-FRBA Grupo Undimotriz tiene acceso pues está inscripta. Pueden consultar a través de la UTN a la sola 'Contáctenos' de la web [http://www.mecanica.frba.utn.edu.ar/energiaundimotriz/?page\\_id=79](http://www.mecanica.frba.utn.edu.ar/energiaundimotriz/?page_id=79) o directamente al sitio es: [library.waveenergyscotland.co.uk](http://library.waveenergyscotland.co.uk)

<sup>13</sup> Fuente: <http://www.aquamarinepower.com>



## WAVEROLLER PENICHE (Portugal)

Después de los ensayos de los prototipos marinos WaveRoller<sup>14</sup> en Peniche en 2007 y 2008, se inició el proyecto. En 2009, un consorcio formado por autoridades locales, entidades científicas y una empresa de servicios públicos conformó AW-Energy. El proyecto llamado "Simple Generación de Energía Renovable Submarina" o SURGE por su siglas en inglés, es financiado por el 7PM, un plan de financiación de la UE. El objetivo del proyecto es crear un convertidor de energía undimotriz conectado a la red y desplegarlo en Peniche, Portugal<sup>15</sup>. Los socios institucionales son: Estaleiros Navais de Peniche, Wave Energy Centre - Centro de Energia ads Ondas, Instituto Hidrografico and Camara municipal de Peniche. La compañía de servicios de electricidad es Enéolica SA.



La granja de olas se compone por tres unidades WaveRoller de 100 kW cada una (capacidad nominal total 300 kW) y se implementó en 2012. La construcción de los dispositivos se llevó a cabo en Finlandia y Portugal<sup>16</sup>.

El trabajo inicial fue realizado en Finlandia, mientras que la construcción de la base flotante, paneles compuestos y el montaje completo de WaveRoller fue ejecutada localmente en Peniche, Portugal. WaveRoller tiene una licencia de 1 MW para la

<sup>14</sup> Fuente: <http://www.hempel.com/en/about-hempel/news/2012/hempel-agrees-partnership-with-aw-energy>

<sup>15</sup> Fuente: <http://www.nsintesis.com/nacional/proyectan-en-mexico-utilizar-energia-de-las-olas-marinas/>

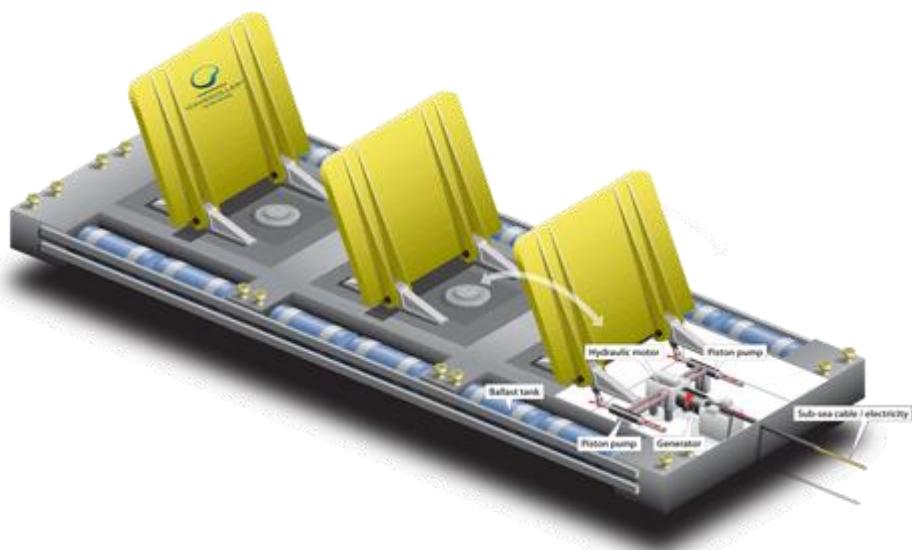
<sup>16</sup> Fuente: <http://aw-energy.com/es>. Consulta: dic 2015 – enero 2016



conexión a la red eléctrica nacional en Portugal.



El proyecto SURGE también ha examinado el posible impacto ambiental de la instalación de WaveRoller. Varios estudios analizaron el posible estrés en el fondo del océano, así como otros variables, tales como el ruido y la colonización biótica del propio dispositivo. Los resultados confirman la opinión inicial de que el impacto de WaveRoller en el medio ambiente es mínimo, despejando el camino para las futuras instalaciones de WaveRoller a lo largo de las líneas costeras, donde las consideraciones ambientales desempeñan un papel importante. Las pruebas en el ambiente oceánico totalmente expuesto durante 2012-2014 fueron satisfactorias.

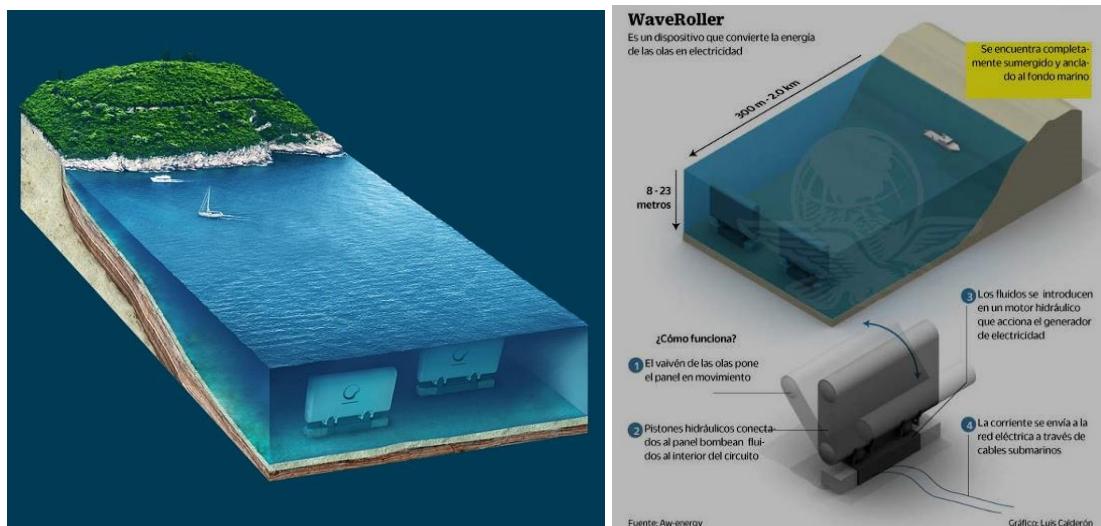




## PLANTA AW-ENERGY JÄRVENPÄÄ (Finlandia)

En diciembre de 2015 se dieron a conocer los resultados del test de un mecanismo WaveRoller que convierte olas oceánicas en energía y electricidad. La máquina opera en áreas cercanas a la costa (aproximadamente entre 0,3 y 2 km de la ribera), a profundidad desde entre 8 y 20 metros. Dependiendo de las condiciones de mareas, se instala parcial o totalmente sumergida y anclada al lecho marino. Cada unidad WaveRoller está clasificada entre 500kW y 1000kW, con un factor de capacidad de 25-50 por ciento, dependiendo de las condiciones del oleaje en el sitio del proyecto. Las unidades poseen grandes tanques de lastre, que llenos de aire le dan flotabilidad para facilitar su desplazamiento hacia el lugar de la instalación. Los tanques pueden luego cargarse con agua permitiendo el hundimiento de la máquina. Si bien se mantienen sumergidas durante su funcionamiento, las unidades son fácilmente reflotables para su mantenimiento, mediante el deslastrado por inyección de aire. El funcionamiento de la toma de fuerza WaveRoller's® (PTO) se ha probado con éxito a escala completa en el Centro de Investigación WaveRoller® en Järvenpää<sup>17</sup>.

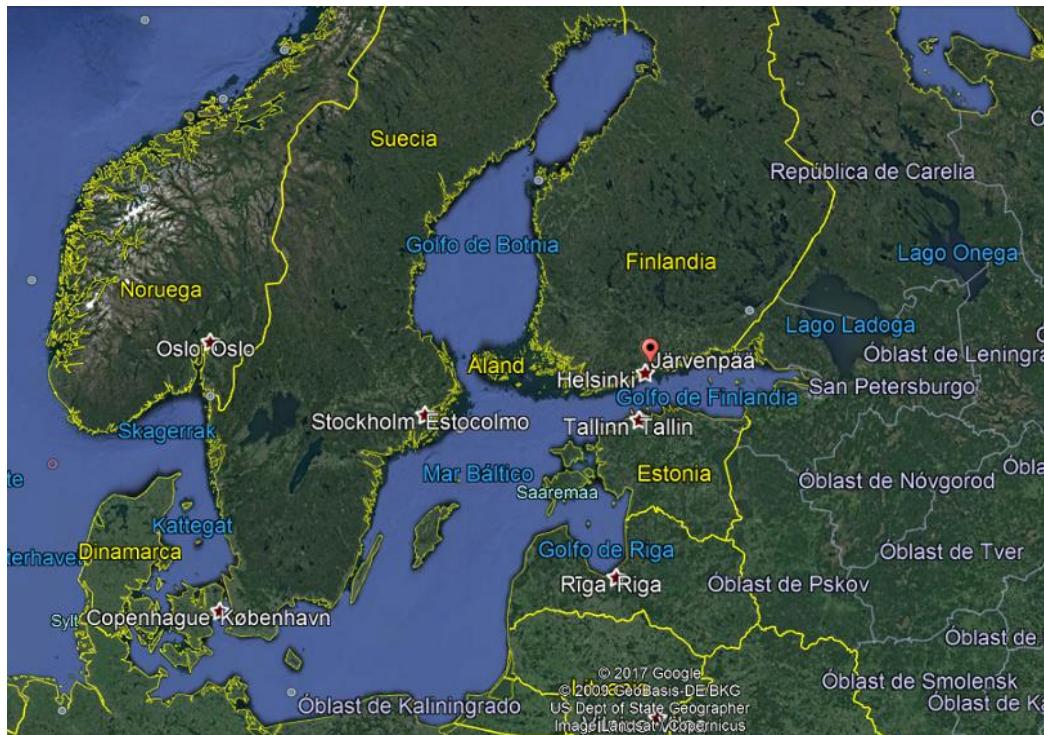
La salida de fuerza de 350kW conectada a la red cumple con las expectativas de generación de electricidad en toda la matriz de energía.



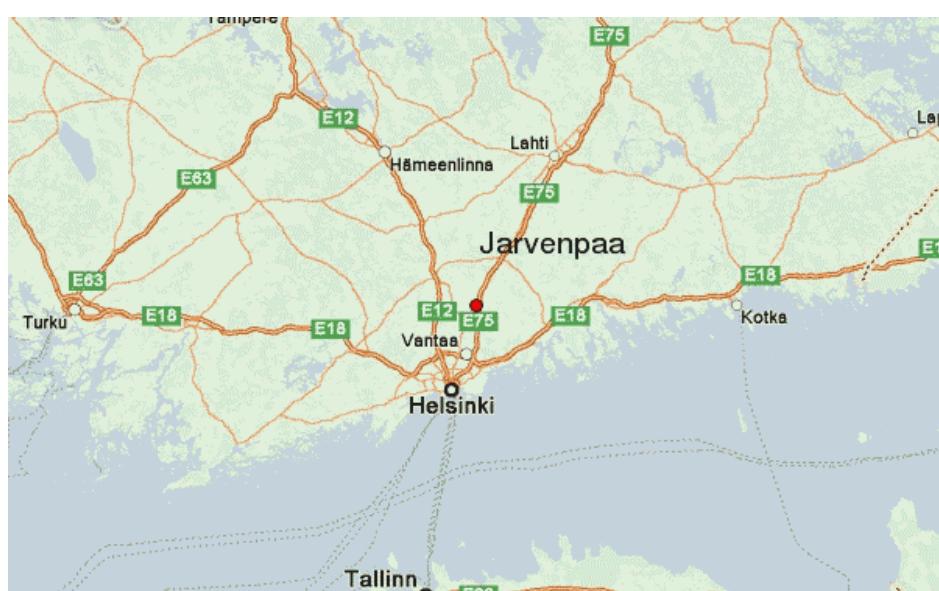
<sup>17</sup> Ven en <http://aw-energy.com/impressive-first-results-from-aw-energys-jarvenpaa-research-center>. 07



La máquina de olas del Centro de Investigación Järvenpää puede generar hasta 2 MW de potencia de entrada, equivalente a algunas de las condiciones de onda estocástica más cercanas a la costa. La toma de fuerza electrohidráulica WaveRollers está conectada a la máquina de olas, lo que permite probar y ajustar las unidades en tierra firme. Cada unidad desplegada desde la línea de producción puede ajustarse para cumplir con el recurso de onda local en cualquier rincón del mundo.



Mapa de contexto<sup>18</sup>



diciembre de 2017.

<sup>18</sup> Google Earth (2018)



*Mapa de detalle<sup>19</sup>*

## VOIHT WAVEGEN



*Voith Wavegen<sup>20</sup>*

En 2000, en el sur de Escocia en la isla de Islay, la empresa Voith instaló un primer equipo de columna oscilante de agua (OWC por su sigla en inglés) con una potencia pico de 500 kW, conectado a la red de la isla. El dispositivo funciona a partir de una corriente de aire que se genera por el movimiento ondular del mar por debajo de una estructura de hormigón. Este aire ingresa a una turbina que hace girar un generador eléctrico.

## WELLO OY PENGUIN

Fundada en 2007, Wello Oy es una empresa finlandesa. A su dispositivo le ha llamado Pingüino.



*Wello Oy Penguin<sup>21</sup>*

The Penguin WEC (Wave Energy Converter) está diseñado para capturar la

<sup>19</sup> <https://www.weather-forecast.com/locations/Jarvenpaa>

<sup>20</sup> Fuente: [www.wavegen.co.uk](http://www.wavegen.co.uk)

<sup>21</sup> Fuente: <http://www.wello.eu>



energía de rotación generada por el movimiento de su casco en forma asimétrica, que rola y cabecea con el oleaje. Este movimiento se utiliza para acelerar y mantener las revoluciones de una masa excéntrica alojada en el interior del casco. El dispositivo acciona un generador que exporta la electricidad a través de un cable submarino. Fabricada en Riga, Letonia, el dispositivo Pingüino es una estructura de 220 toneladas (con exclusión de lastre), de 30 metros de largo, y tiene un calado de siete metros. Desde su llegada a las Islas Orcadas, en junio de 2011, el dispositivo ha sido sometido a pruebas en Lyness. Fue instalado por primera vez en Billia Croo en verano de 2012. Su potencia nominal es de 500 kW.

## AWS OCEAN ENERGY



*AWS Ocean Energy<sup>22</sup>*

AWS Ocean Energy es un dispositivo absorbedor multimembrana que opera por el movimiento de las olas y acciona pistones neumáticos que comprimen el aire para ser enviado a una turbina de aire acoplada a un generador eléctrico. El prototipo a escala menor fue testeado en las costas del Reino Unido. El equipo a escala comercial tendrá unos 60 metros de diámetro, se podrá instalar en profundidades entre 75 y 150 metros, y su potencia nominal sería de 2,5 MW.

## WAVE DRAGON

El dispositivo Wave Dragon toma agua que ingresa por el frente del equipo en su parte superior.

---

<sup>22</sup> Fuente: <http://www.awsocean.com>



*Wave Dragon<sup>23</sup>*

Es acumulada por unos brazos laterales de 58 metros de largo en total, para luego ser retornada al mar pasando a través de una turbina hidroeléctrica. El dispositivo fue probado en las costas de Dinamarca desde 2003 hasta 2009, su potencia era de 20 kW. Actualmente, se está planeando instalar un equipo de 4MW en las costas de Wales y en Portugal.

### **GENERADOR UTN-BA (Argentina)**

Este dispositivo en escala 1:10 y potencia de 50 W fue construido por el Grupo UNDIMOTRIZ<sup>24</sup> de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires. Fue presentado en Mar del Plata en el 1er Simposio Internacional de Energías Marinas en 2014.



Actualmente está en proceso de construcción a escala real mediante convenio con QM Ingeniería (Mar del Plata, Arg), con pre-convenio para instalar la primera unidad en el Puerto de Quequén (2018).

La foto que sigue son las pruebas realizadas en la pileta de olas del INA (2017), que validaron la viabilidad del proyecto..

<sup>23</sup> Fuente: <http://www.wavedragon.net>

<sup>24</sup> Fuente: <http://www.mecanica.frba.utn.edu.ar/energiaundimotriz/?lang=es>



## PROYECTO CETO (Australia)

En la costa occidental de Australia tres boyas que están sujetas al fondo del mar. Construidas en acero, tienen 11 metros de diámetro y son movidas por las ondas del Océano Índico; con este movimiento se genera el 5% de la necesidad eléctrica de la base naval militar situada en la isla Garden. Es el proyecto piloto de Carnegie Wave Energy. A fines de febrero de 2015, los equipos comenzaron a suministrar 240 kW cada una a la red eléctrica a la base naval Stirling de Australia. Incluso son la fuente de agua de una planta de desalinización que provee alrededor de la tercera parte del suministro de agua dulce de dicha base militar.



Boya CETO 5<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Fuente: Amy Yee. New York Times. International Weekly Magazine. 1 de Agosto 2015. Información institucional de Carnegie Wave Energy. También en <http://www.mecanica.frba.utn.edu.ar/energiaundimotriz/?p=515#more-515>. (9 agosto, 2015)



Las boyas flotan debajo de la superficie marina y evita que se vean afectadas por la acción destructiva del embate de las olas. El funcionamiento se basa en el constante balanceo producido por las ondas que acciona unas bombas hidráulicas que trasladan por una cañería agua de mar a presión hacia la central eléctrica en la isla de Garden, distante 3 kilómetros. En dicha central, el agua a alta presión acciona un generador eléctrico.



CETO 5 (*recreación*)<sup>26</sup>

Su energía en parte se destina a la planta de desalinización donde mediante el proceso de ósmosis inversa se transforma en agua dulce. El 20 de mayo 2015 se anunció que la primera unidad CETO 5 fue recuperada con éxito después de más de 4.000 horas de operación y más de 8.500 hora en las otras dos unidades. A partir de enero de 2016 la versión CETO 6 está en desarrollo y difiere de CETO 5 en tener una boyta más grande, con la generación eléctrica a bordo y la energía que se transfiere a la costa por un cable.



---

<sup>26</sup> Foto extraída de [https://en.wikipedia.org/wiki/CETO#CETO\\_6](https://en.wikipedia.org/wiki/CETO#CETO_6)



## 2.1. ENERGIA DE CORRIENTES MARINAS y FLUVIALES

### TURBINA FLUVIAL TIPO GIROMILL<sup>1</sup>

Turbina Giromill– Instalación: Sudán (río Nilo)

Fechas: Entre 1980-1982 - Potencia: sin datos (s/d) – Rendimiento: s/d – Rangos de trabajo: s/d – Tipo: turbina para corriente fluvial de 3 m de diámetro. La Giromill en su origen es una turbina eólica. Pertenece a la primera generación de dispositivos de aprovechamiento de las corrientes marino-fluviales y está basada en el uso de componentes convencionales de ingeniería y sistemas para lograr una fiabilidad razonable con un mínimo costo. – Propósito: bombear agua de riego en el Nilo. – Estado actual de funcionamiento: s/d.



*Turbina para riego, tipo Giromill, instalada en Sudán*

En 1980-1982, tiene lugar el desarrollo de una turbina para corriente fluvial de 3 m de diámetro para bombear agua de riego en el Nilo. Usa un rotor de flujo cruzado, de eje vertical denominado tipo Giromill. Tiene un sistema flotante compuesto dos flotadores cilíndricos con sendas aletas inferiores para ayudar a mantener la alineación del conjunto con la corriente y los amarres correspondientes.

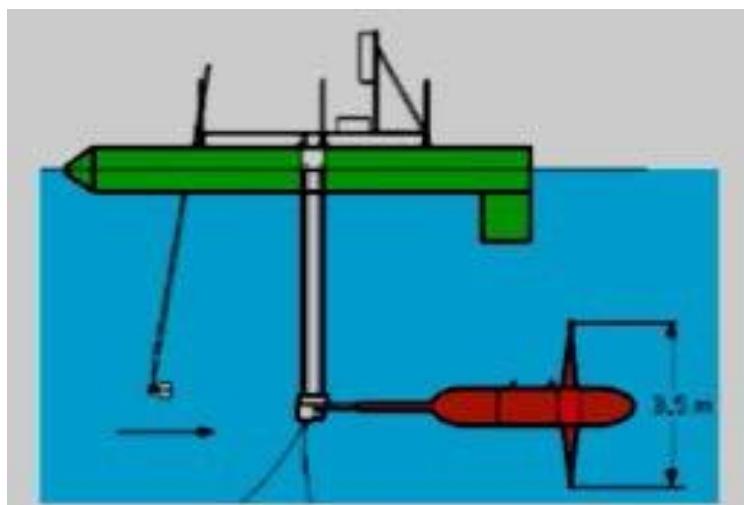
<sup>1</sup> P Fernández Diez; pfernandezdiez.es, paper: II.- Energía de las Corrientes Marinas, Ítem II.2.- Tecnología, Corrientes marinas y mareas. II.- página 44



## TURBINA MARINA DE FLUJO AXIAL LOCH LINNHE

Se trata de una turbina sumergida en el seno de una corriente marina. Está suspendida por un pontón flotante. Se advierte una aleta bajo el pontón, cuya función es la mantenerla orientada contra la corriente. La turbina es de flujo axial, con un diámetro de 3,5 metros. Origen: Reino Unido - Instalación: en Loch Linnhe, Escocia (1994). Fechas: Desarrollo entre 1992-1993. Montaje 1994 – Potencia: alcanzó una potencia de 15kW con una corriente de velocidad  $c = 2,25 \text{ m/seg}$ .– Rendimiento: s/d – Rangos de trabajo: s/d – Tipo: marina, suspendida de soporte flotante, flujo axial. Propósito: evaluación del recurso energético de las corrientes marinas con potencial de generación eléctrica. Se estimaba que era posible obtener una energía de 20 TWh/año, aproximadamente, a un coste menor de 0,15 Euros/KW – Diseño y construcción: Marine Current Turbines S.A. (MCT) – Estado actual de funcionamiento: s/d.

### Turbina de Loch Linnhe



## TURBINA MARINA DE FLUJO CRUZADO TIPO KOBOLD<sup>2</sup>

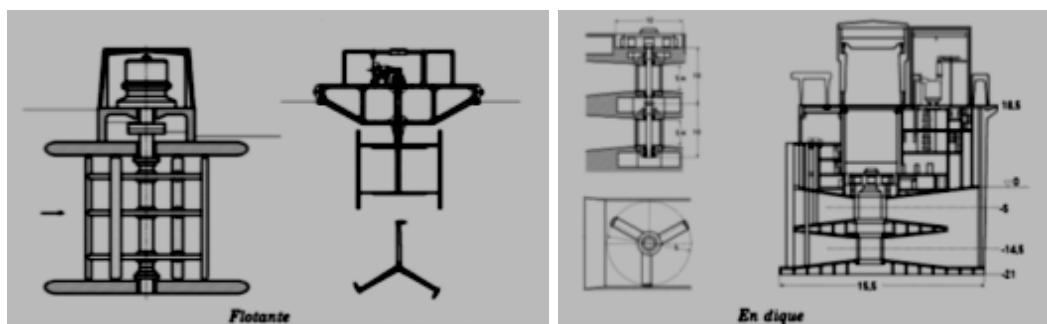
Origen: Italia (desarrollada por Davis Hydro, California, New York,

<sup>2</sup> Marine Current Turbines and Generator preference. A technology review; Astrid Røkke1, Robert Nilssen; Department of Electric Power Engineering Norwegian University of Science and Technology 7491 Trondheim, Norway E-mail: Astrid.roekke@ntnu.no, Robert.nilssen@ntnu.no ; 3. Technology ; B. Cross-axis turbine



Vermont, Maryland y New Hampshire, EEUU) - Instalación: en el estrecho de Messina en Sicilia

### Turbinas de flujo cruzado



Davis desarrolló una turbina de flujo cruzado en 1981. Construyó un prototipo de 20 kW y estimó que su potencia podría alcanzar los 45 kW. Posteriormente, se ha instalado en el estrecho de Messina (Sicilia) una turbina de 6 m de diámetro que genera unos 50 kW con una corriente de 2,4 m/seg. En Italia, a finales de 1990, se desarrolló un prototipo de 130 kW que utilizaba una turbina de flujo cruzado (turbina Kobold) de tres palas, montada sobre una plataforma flotante de forma cilíndrica amarrada al fondo. Este dispositivo se desplegó en el estrecho de Messina cerca de Sicilia, donde la velocidad de las corrientes es de 1,5 m/s a 20 m de profundidad. Del resultado del modelo numérico y físico, se estima una eficiencia máxima del 42% para la turbina Kobold.

### Turbina vertical Kobold





**Características:** Sentido de rotación independiente de la dirección de la marea y valor elevado del par de arranque. Se trata de una turbina que puede trabajar con una velocidad de corrientes bajas de 1,2 m/seg, sin necesidad alguna de dispositivos externos que ayuden a hacer girar el rotor. Buena eficacia, funcionamiento simple y bajo mantenimiento. – **Fechas:** 1981 (turbina flujo cruzado Davis), 1990 (turbina Kobold) – **Potencia:** 1981, 20 kW efectivos, con posibilidades de alcanzar los 45 kW (turbina flujo cruzado Davis); 1990, 130 kW (turbina Kobold) – **Rendimiento:** s/d para la turbina flujo cruzado Davis, 42 % para la turbina Kobold – **Rangos de trabajo:** puede trabajar con una velocidad de corrientes bajas de 1,2 m/seg, sin necesidad alguna de dispositivos externos que ayuden a hacer girar el rotor (turbina Kobold) – **Tipo:** la turbina Kobold es de flujo cruzado, de tres palas, montada sobre una plataforma flotante de forma cilíndrica amarrada al fondo – **Propósito:** Verificar las características de solidez, eficacia y bajo mantenimiento proyectadas. Desarrollar una nueva tecnología, buscando las posibles mejoras en todos sus componentes. Promover el desarrollo y explotación de la energía de las corrientes marinas frente a otras fuentes de energía renovables. – **Estado actual de funcionamiento:** Se montó una instalación para pruebas en Italia y otra estaba prevista en China (este último dato sin confirmar).

Se utilizó una turbina tripala de 6 m de diámetro, con una altura de pala de 5 m y cuerda de 0,4 m, y trabaja con números de Reynolds variables. Al ser una estructura de acero con unos largueros longitudinales y recubierta de fibra de carbono, cada pala se sostiene con dos brazos.

## TURBINA MARINA DE FLUJO CRUZADO TIPO GORLOV-SAVONIUS<sup>3</sup>

### Turbina vertical Gorlov

Gorlov et al. (USA) probaron modelos de turbinas de flujo cruzado con palas helicoidales (tipo Savonius) para aprovechar las corrientes en ríos y en el Gulf Stream. Salter ha diseñado una gran turbina de flujo cruzado que podría llegar a proporcionar 10

---

<sup>3</sup> P. Fernandez Diez; pfernandezdiez.es; paper: Corrientes marinas y mareas. II.- páginas 47 y 48 ; Otros proyectos.- Gorlov y colaboradores en USA



MW con una corriente de 4 m/seg, dotada de diez palas apoyadas en unos anillos arriba y abajo, dirigidas por bombas hidráulicas de tipo leva.

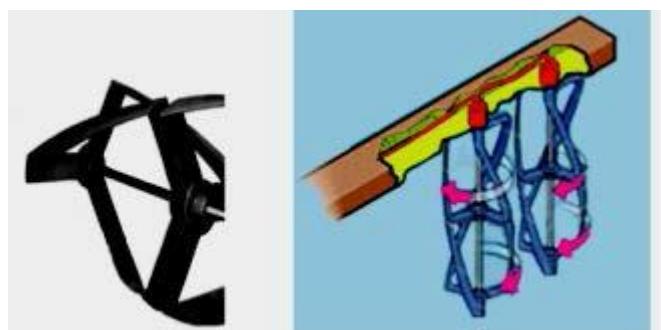
Origen: USA – Instalación: USA (ríos y corriente del Gulf Stream).

Fechas: 1990 – Potencia: s/d (Gorlov); 10 MW (Salter) – Rendimiento.: sin determinar -

Rangos de trabajo: s/d (Gorlov); corrientes de 4 m/seg (Salter).

Tipo: verticales, de flujo cruzado, tipo Savonius

Propósito: investigación, desarrollo de fuentes alternativas de potencia.



#### **TURBINA MARINA-RÍO EN CONDUCTO<sup>4</sup>**

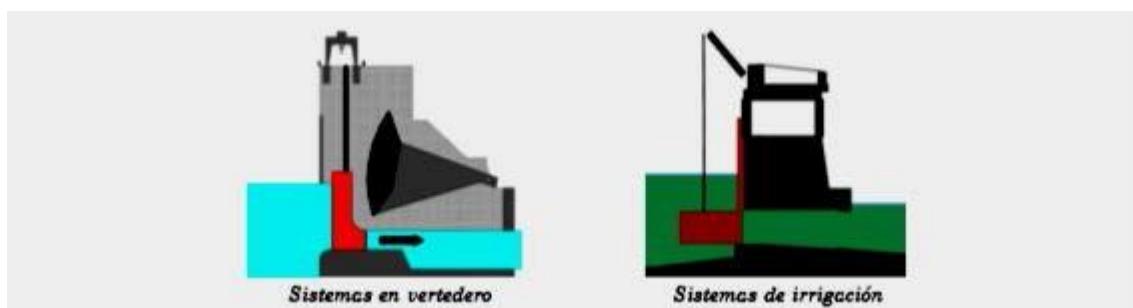
Origen: Austria – Instalación: Austria. Datos técnicos: diámetro del rotor: 1.12 m -

Fechas: años 2000 – Potencia: potencia de turbina individual 380 kW, potencia generada por la central 5.000 kW - Rendimiento: producción anual de energía eléctrica

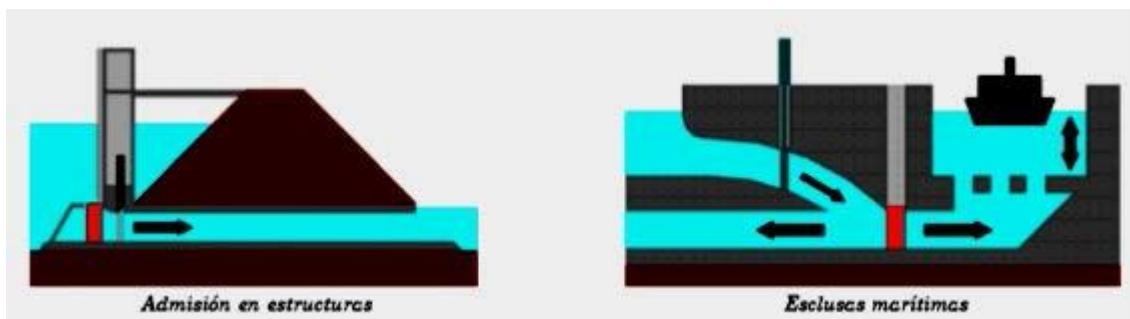
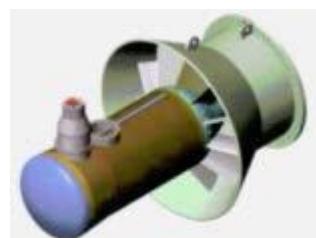
3,7 GWh – Rangos de trabajo: continuo – Tipo: en conducto, Kaplan, eje horizontal. –

Propósito: generación comercial – Estado actual de funcionamiento: en funcionamiento y producción.

#### **Tipos de aplicación**



<sup>4</sup> Ver <http://www.andritz.com/hy-hydromatrix>

**Matriz de 5x5 instalada en Freudenau****Estructura de esclusas de Freudenau****Prototipo KW Agonitz**

Consiste en una nueva disposición para el aprovechamiento de la energía del agua. Se utilizan turbinas Kaplan de eje horizontal que generan entre 200 y 600 kW, dispuestas matricialmente, dependiendo del espacio disponible y del flujo de agua. Se pueden instalar en estructuras existentes. La central eléctrica de Freudenau tiene exclusas marítimas al aire. Una de las turbinas utilizadas (KW Agonitz) puede ir instalada tanto en sistemas de dique como en vertedero. En los ensayos del prototipo, se obtuvo un récord de rendimiento y un óptimo comportamiento en el funcionamiento.

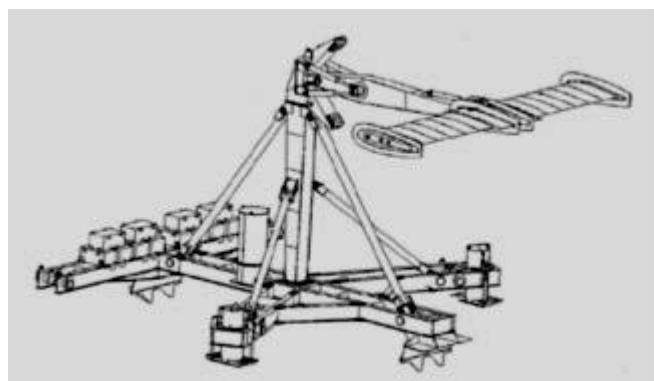


## GENERADOR OSCILANTE MARINO DE CORRIENTE

Claramente no califica como turbina, pero para evitar crear una nueva tipología, lo colocamos dentro de los generadores accionados por corrientes marinas.

Origen: Reino Unido – Instalación: Yell Sound cerca de las islas Shetland (Escocia) – Fechas: 2002 – Potencia: 150 kW – Rendimiento: Se estima que el potencial aprovechable que existe en las Islas Shetland a 2 m/seg es de 140 MW. El prototipo fue ensayado durante dos semanas promediando 90 kW con corrientes de 1,5 m/seg. – Rangos de trabajo: apto para corrientes rápidas corrientes de 2 m/seg – Tipo: prototipo denominado Stingray. – Propósito: producida y montada por Engineering Bussines Ltd. Existe gran cantidad de lugares donde se podría instalar un prototipo de este estilo y lograr elevados rendimientos. Se lo considera un dispositivo que no genera un impacto medioambiental significativo. – Estado actual de funcionamiento: desactivado.

*1<sup>ra</sup> generación del Stingray de 150 kw<sup>5</sup>*



Se trata de una especie de ala de avión submarina horizontal que al oscilar con las corrientes marinas, varía su ángulo de inclinación para obtener un movimiento ascendente y descendente para generar electricidad. Tiene, aproximadamente, 20 m de ancho y 24 m de alto. Se ubica montado sobre un brazo horizontal. Las corrientes mueven de arriba a abajo el ala montada sobre el brazo, lo que acciona unos cilindros hidráulicos de aceite a presión que es enviado a un motor hidráulico conectado a un

---

<sup>5</sup> Marine current resource and technology methodology - Technology: Oscillating Hydrofoil - web: [http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web\\_sites/05-06/marine\\_renewables/technology/oschydro.htm](http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/05-06/marine_renewables/technology/oschydro.htm)



generador eléctrico. La salida de este generador alimenta a un conversor de corriente continua (ACCC), que la transporta por un cable submarino hasta una estación conversora donde de CC a AC. A partir de los resultados obtenidos por el Stingray, la empresa está diseñando una segunda generación capaz de proporcionar 500 kW. La forma de este nuevo prototipo se presenta en las fotos de más arriba.

### TURBINA FLUVIAL DE CORRIENTE<sup>6</sup>

Origen: Estados Unidos – Instalación: río Mississippi – Fechas: 2009 – Potencia: 35 kW – Rendimiento: s/d – Rangos de trabajo: apta para corrientes de 1 a 3 m/seg – Tipo: Turbina de corriente fluvial, con palas de paso fijo – Propósito: experimental – Estado actual de funcionamiento: desactivado, luego de cumplir con los objetivos previstos. Se trata de una turbina prototipo comercial. En julio de 2009, comenzó una prueba de seis meses de una turbina piloto (de un tercio del tamaño previsto para las comerciales). Es un diseño de "turbina envuelta" que canaliza el agua a través de las hojas de la turbina. El agua pasa a través de un rotor cuyas palas que están diseñadas para una velocidad de rotación lenta con el objetivo de minimizar los golpes a los peces. Las turbinas se ubicarán a diez o más pies del lecho del río. A esta profundidad, el agua se mueve entre uno y tres metros por segundo de media.

*Proyecto FREE FLOW POWER*



---

<sup>6</sup> Frank Jossi; June 21, 2011 – En la Web <http://www.midwestenergynews.com/2011/06/21/startups-explore-alternative-hydro-power-on-the-mississippi/>

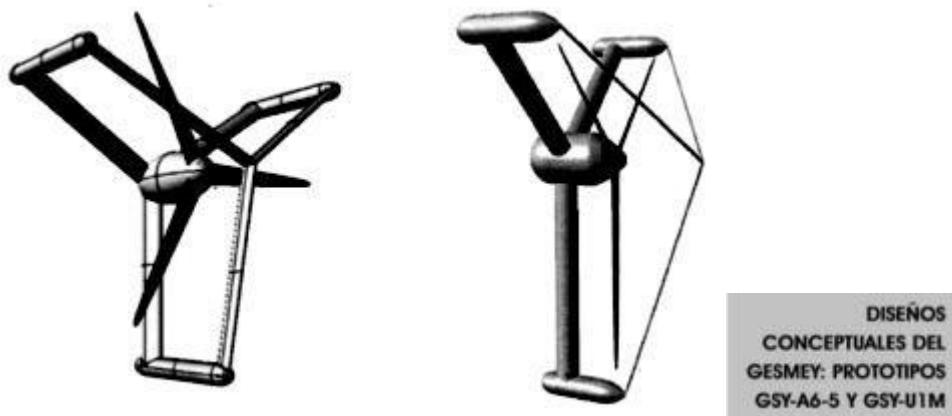


## TURBINA MARINA DE CORRIENTE

Proyecto GESMEY (España)<sup>7</sup>

Origen: España – Instalación: a instalar en cercanías de Gibraltar

La estructura externa del dispositivo es de acero inoxidable soldado mientras que el rotor se compone de tres palas de fibra de carbono unidas a un núcleo de acero inoxidable.



Dispone de un alternador síncrono de imanes permanentes, refrigerado por agua, que no requiere de alimentación para la excitación ni elementos auxiliares como rectificadores. En consecuencia, posee un mantenimiento más sencillo y un mejor rendimiento. Fechas: 2008 – Potencia: 10 kW – Rendimiento: El diseño permite explotar la energía de las corrientes marinas situadas a profundidades superiores a los 40 metros.

Tiene la capacidad de utilizar corrientes con velocidad máxima inferior a los 2 m/s. – Rangos de trabajo: s/d – Tipo: Turbina de corriente marina, con palas de paso fijo – Propósito: experimental – Estado actual de funcionamiento: desactivado, luego de cumplir con los objetivos previstos.

## TURBINA MARINA DE CORRIENTE<sup>8</sup>

<sup>7</sup> Amable López Piñeiro, José Andrés Somolinos Sánchez, Luis Ramón Nuñez Rivas Grupo GITERM (ETSIN) Universidad Politécnica de Madrid - Eva Novoa Rojas, Alfonso Carneros Lozano Fundación Centro Tecnológico SOERMA



### Proyecto SEAFLOW (predecesor del Seagen Commercial Demonstrator)

Origen: UK; Irlanda del Norte – Instalación: Harland & Wolff, Belfast.

Se trata de un rotor de flujo axial con un control de ángulo ataque de pala. El rotor es de 11 m diámetro, el conjunto montado sobre una única columna pilote de 2,1 metros de diámetro. Se monta sobre una profundidad de agua entre 24m ± 5m. El fabricante (Marine Current TurbinesTM Ltd) ofrece integridad estructural, bajo costo de mantenimiento, impacto ambiental poco significativo. Fechas: Seaflow instalado 30 mayo 2003 – Potencia: 300 kW – Rendimiento: s/d – Rangos de trabajo: s/d – Tipo: generador de corriente marina, flujo axial – Propósito: generador piloto, como paso previo al Proyecto SeaGen Commercial Demonstrator – Estado actual de funcionamiento: en prueba.



*En operación*



*En mantenimiento*



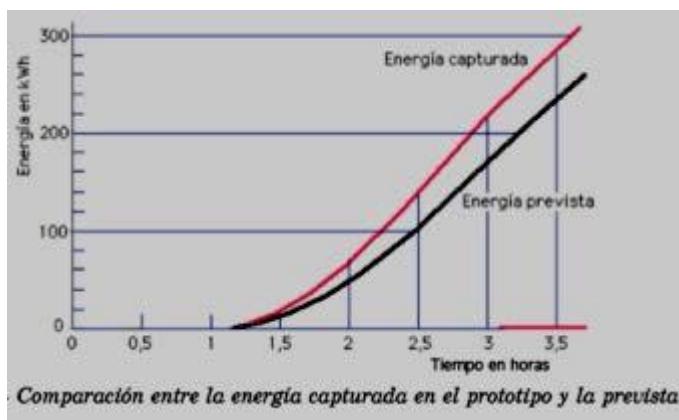
*Álabes y Torre, comparación con escala humana*



<sup>8</sup> Marine Current Turbines: feedback on experience so far by Peter Fraenkel - Presentacion en PPT: Energies Renouvelables en Mer 20 et 21 Octubre 2004 - Brest, France - Marine Current Turbines Ltd The Court, The Green, Stoke Gifford, Bristol BS34 8PD, UK. [www.marineturbines.co](http://www.marineturbines.co)



El funcionamiento es similar al de un aerogenerador eólico<sup>9</sup>, de forma que el flujo de la corriente marina hace girar el rotor. El buje del rotor puede orientarse 360° alrededor de la columna en que está sujeto para estar siempre frontal a la corriente.



En 2003-2004, entró en funcionamiento una turbina bipala de 0,3 MW y 11 m de diámetro, montada en una torre anclada al fondo. De tal forma, para las operaciones de mantenimiento se la asciende a la superficie. Las pruebas realizadas con el Seaflow de 0,3 MW fueron satisfactorias, mejor de lo esperado, ya que se consiguieron eficiencias del orden del 40% y la obtención del 25% de la energía disponible. En 2006, se inicia la segunda fase, el proyecto Seagen, que consiste en un generador<sup>10</sup> con dos hélices<sup>11</sup> bipalas de 16 m de diámetro, que llegarán a producir 1 MW al girar entre 10 y 20 rpm. Puede funcionar con flujos de agua en dos sentidos y extraer entre cinco y diez veces más energía por m<sup>2</sup> que un aerogenerador eólico de la misma potencia. Esto implica máquinas más pequeñas y eficientes, debido a que el agua es un fluido mucho más denso que el aire. El costo actual calculado con esta tecnología es de 10 céntimos de euro/kW, similar al de un generador eólico.

<sup>9</sup> P Fernández Diez; pfernandezdiez.es; II.1.- Aprovechamiento de la energía de las orrientes marinas; Corrientes marinas y mareas.II.- página 41.

<sup>10</sup> Modeling and Control of a Marine Current Turbine Driven Doubly-Fed Induction Generator; Seif Eddine Ben Elghali, Mohamed El Hachemi Benbouzid, and Jean Frédéric Charpentier

<sup>11</sup> Structural Design of a Horizontal-Axis Tidal Current Turbine Composite Blade G.S. Bir, M.J. Lawson, and Y. Li Presented at the ASME 30th International Conference on Ocean, Offshore, and Arctic



Rangos de trabajo: continuo, con flujos en corriente o contracorriente (indiferente al sentido) – Tipo: turbina axial, hélice bipala – Propósito: primeras dos fases, evaluación. En la tercera fase, generación en condiciones competitivas. La tercera fase, prevista a partir de 2012, consiste en la instalación de un parque de cinco turbinas (5 MW), 2005-2006.

### Proyecto SEAGENCOMMERCIAL DEMONSTRATOR<sup>12</sup> (sucesor del Proyecto Seaflow)

Origen: UK; Irlanda del Norte – Instalación: Strangford Narrows, (NI) Irlanda del Norte. Fabricante: Marine Current TurbinesTM Ltd, como paso siguiente al Proyecto Seaflow. Además, posee un rotor de flujo axial<sup>13</sup>, con control de ángulo ataque de pala pero con un rotor de 16 m de diámetro (el Seaflow tiene 11 m de diámetro). El conjunto se ubica sobre una única columna pilote de acero de 2,1 metros de diámetro.

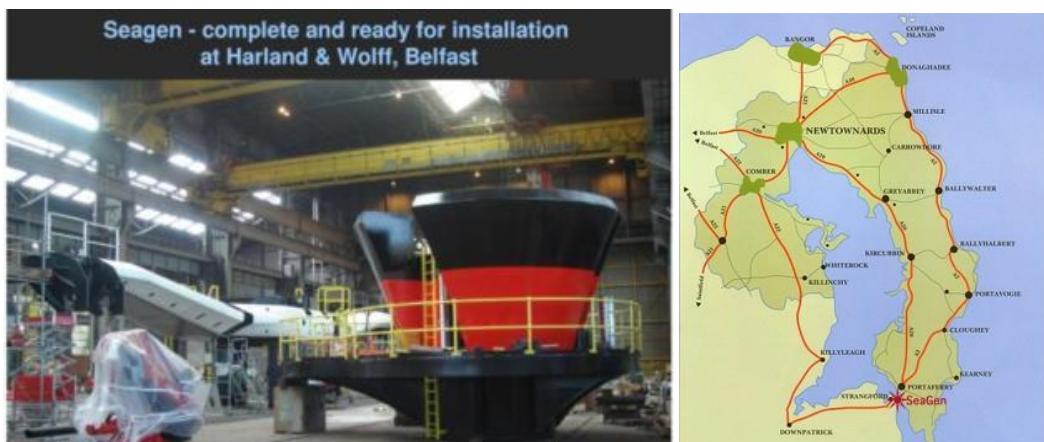


---

Engineering Rotterdam, The Netherlands June 19-24, 2011.

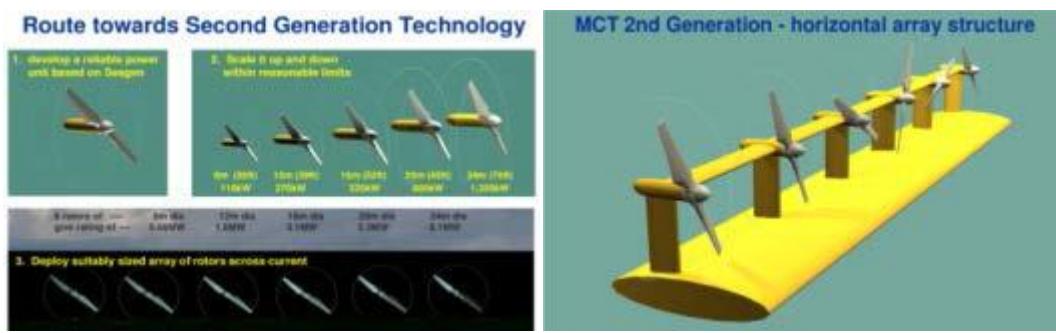
<sup>12</sup> Investigation in how to design a marine current turbine; Anders Nilsson; Uppsala Universitet, <http://www.teknat.uu.se/student; 2 Background; 2.1.1 SeaGen>

<sup>13</sup> Investigation in how to design a marine current turbine; Anders Nilsson; Uppsala Universitet, <http://www.teknat.uu.se/student; 2 Background; 2.1.1 SeaGen>



Se coloca sobre una profundidad de agua entre 24m ± 5m. Los rotores y carcasas de generador se ubican por encima del agua para el mantenimiento. El transformador y las conexiones eléctricas a la red son visibles y accesibles en la caseta de servicio sobre la parte superior de la columna pilote.

### Evolución prevista





Fechas: 2008 – Potencia: 1600 kW – Rendimiento: s/d – Rangos de trabajo: s/d – Tipo: generadores de flujo axial, con rotores de 16m diámetro – Profundidad: 25 m – Propósito: probar equipo del proyecto SeaGen Technology - Estado actual de funcionamiento: en prueba, para pasar a futuro desarrollo de granjas de centenares de generadores, a montar en Gales, Anglesey Skerries.

## **TURBINA DE RÍO / MARINA DE CORRIENTE – INVAP (Arg.)<sup>14</sup>**

Origen: INVAP, Argentina – Instalación: s/d – Fechas: 2014 y futuro – Potencia: en etapas de 1 kW; de 4,5 kW; 30 kW – Rendimiento: s/d – Rangos de trabajo: s/d – Tipo: Turbina de corriente río-marina, con palas de paso fijo. - Propósito: experimental. - Estado actual de funcionamiento: aún no probado.

La turbina cuenta con un canalizador de flujo que acelera localmente la corriente de agua para lograr velocidades adecuadas para generar energía. El rotor es de paso fijo, acoplado directamente a un generador multipolos de imán permanente, capaz de generar tensión y frecuencia variables y con la electrónica de potencia necesaria para entregar corriente alterna 220/380V – 50 Hz.

Durante la etapa de desarrollo de este producto, INVAP ha diseñado y fabricado un rotor en tamaño subescala (del orden de 1 kW), para luego ensayarla en un flujo de agua libre (en río, sin venturi canalizador de flujo) con el objeto de caracterizar el rotor en condiciones de flujo no perturbado, lo más laminar posible. Luego se diseña y fabrica el primer prototipo con un tamaño de rotor-generador de unos 4,5 kW. Consta de dos rotores gemelos, lo cual resulta especialmente apropiado para cursos de agua con poca profundidad. De esta manera, se obtiene una potencia final de entre 9 y 10 kW por unidad, es en sí misma uno de los dos modelos comerciales de menor potencia dentro de la gama de turbinas prevista. A continuación, el conjunto "Rotor-Venturi -Generador", de unos 30 kW de potencia unitaria, constituye un módulo de media potencia apto para utilizar en los modelos de turbina de 30, 60 y 90 kW, potencia que se logra colocando uno, dos o tres rotores gemelos.

---

<sup>14</sup> <http://www.invap.com.ar/area-industrial/proyectos/turbina-hidrocinetica.html>



**TURBINA FLOTANTE PARA RIOS, CANALES Y PEQUEÑOS CURSOS DE AGUA NATURALES CON PENDIENTE (Arg)<sup>15</sup>**



---

<sup>15</sup> Labriola, Kirks, Lagos. Congreso Hyfusen 2009. También en <http://www.mecanica.frba.utn.edu.ar/energiaundimotriz/?p=605#more-605>. Consultado 15 septiembre, 2015. También en <http://www.desarrollandonqn.gob.ar/contenido.aspx?Id=NOV-08128>



Construida por la Universidad Nacional del Comahue. Labriola (uno de los desarrolladores) manifiesta que “se trata de una base flotante con un sistema rebatible, mediante el cual se sumerge un rotor de tres aspas de eje horizontal acoplado mediante multiplicador a un generador de imanes permanentes de neodimio-hierro-boro; unos súper imanes, que generan electricidad a un sistema exterior, puesto en tierra, de baterías. Mediante moduladores y transformadores se puede obtener corriente alterna trifásica”.

Agregó que “la innovación está en el uso de aspas de fibra de vidrio con resinas reforzadas, dado que los diseños originales de la década de 1980 eran metálicas, y la obtención de mayor potencia mediante generadores con súper imanes”. Aplicable a cursos con 1,2 a 3 m/seg de velocidad de la vena fluida, con potencias variables entre 250 a 600 W.

### TURBINA PARA RIOS INVAP-UNIV NACIONAL CUYO (Arg)<sup>16</sup>

El conjunto turbina-generador posee un largo de 1200 milímetros y el generador de 4.50 kilowatts de potencia se encuentra en el interior de una carcasa cuyo diámetro es de 300 milímetros. Esta carcasa tiene una forma hidrodinámica y está sostenida por un pilón de 1800 milímetros de largo que está solidariamente unido a la estructura de sostén tipo viga que cruza el canal en forma transversal.



<sup>16</sup> En <http://cienciaytecnologiaenargentina.blogspot.com.ar/2015/07/construiran-un-parque-hidrocinetico.html>



El dispositivo ensayado tiene un rotor compuesto de 3 alabes y posee un diámetro del rotor hidráulico de 450 milímetros. Éste tiene el eje acoplado directamente al eje del generador. La velocidad del agua en el canal San Martín del río Mendoza varía según el caudal transportado y la pendiente del tramo considerado. En el punto de ensayo para la turbina piloto las velocidades van desde 3.10 m/s para un caudal de 10 m<sup>3</sup>/s hasta 4.28 m/s para un caudal de 35 m<sup>3</sup>/s.





## 2.1. MAREMOTERMICA

### CONVERSIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA OCEÁNICA (CETO/OTEC)

#### Introducción

La energía maremotérmica, o Conversión de Energía Térmica Oceánica (CETO / OTEC: Ocean Thermal Energy Converter), es un tipo de energía renovable que permite obtener trabajo útil a partir de la diferencia de temperaturas entre las aguas oceánicas profundas, más frías, y las superficiales, más cálidas. Pese a un rendimiento relativamente bajo en comparación con otras energías del mar, su aplicación puede ser rentable debido a que constituye un sistema de generación eléctrica con capacidad para funcionamiento continuo, día y noche, las cuatro estaciones del año.

Al usar el agua superficial para calentar un líquido con un punto de ebullición bajo (mediante un intercambiador de calor), este se transforma en vapor que puede mover una turbina para generar electricidad. Luego, este vapor se enfriá en otro intercambiador de calor en contacto con el agua fría de las profundidades, para luego reiniciar el ciclo de generación.<sup>1</sup>

Es importante aclarar que las diferencias necesarias de temperaturas entre la superficie y los 1000 m de profundidad en los océanos, donde se ubican las áreas potenciales de aprovechamiento, se encuentran entre los 40° de latitud sur y 40° de latitud norte por lo cual cerca de 100 países cumplen con esta condición<sup>2</sup>.

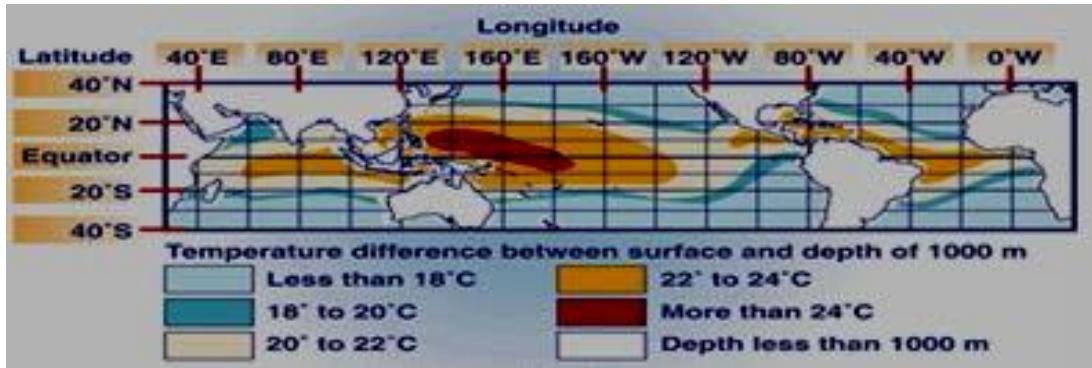
Respecto a la madurez de la tecnología, se parte de un estadio actual donde empresas y gobiernos nacionales patrocinan diversos proyectos, en particular aquellos

---

<sup>1</sup> Ver en [http://www.opotec.jp/english/what\\_is\\_otec/01.html](http://www.opotec.jp/english/what_is_otec/01.html)

<sup>2</sup> Ver en [http://www.opotec.jp/english/what\\_is\\_otec/04.html](http://www.opotec.jp/english/what_is_otec/04.html)

países que cuentan con capacidades geográficas de explotación del recurso térmico<sup>3</sup>.

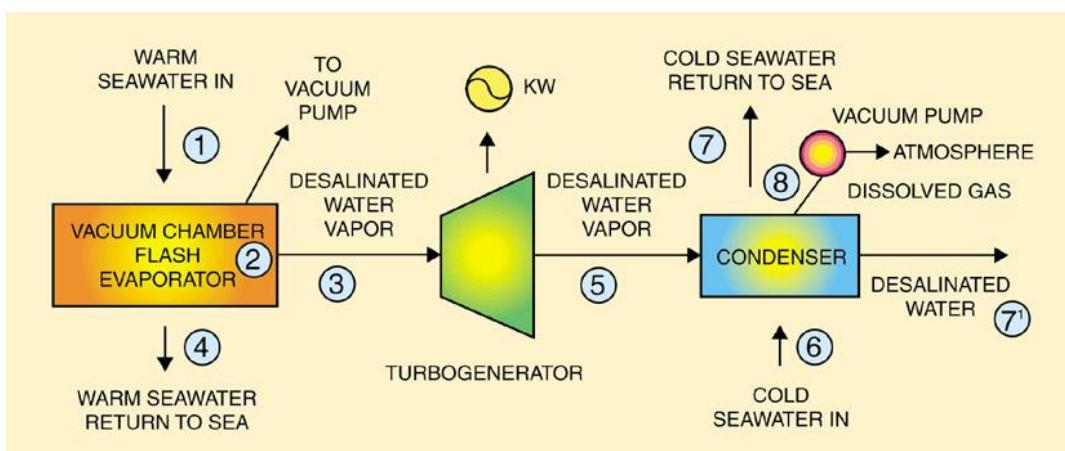


La electricidad producida por estos sistemas puede enviarse a la red eléctrica o emplearse para la fabricación de metanol, hidrógeno, metales refinados, amoníaco y otros productos que necesitan electricidad abundante. Se ha pensado en la posibilidad de construir en países desarrollados centrales maremotérmicas recolectoras (Grazing Plant, instalaciones de pastoreo) para enviarlas a “recoger energía” en zonas cálidas, utilizando la energía maremotérmica para producir hidrógeno mediante electrólisis y enviarlo a aquellos países con grandes necesidades energéticas, o bien emplearlo para la fabricación de amoníaco y fertilizantes amoniacales para los países en vía de desarrollo. En aquellos casos en los que resultase económico podría también comercializarse el oxígeno obtenido en la electrólisis. Actualmente, las plantas maremotérmicas demandan inversiones muy elevadas (entre 7.000 y 15.000 U\$D/kW), lo que significa aproximadamente diez veces lo necesario para sistemas energéticos convencionales. Paralelamente, la eficiencia de estas instalaciones es baja en comparación con los rendimientos teóricos de un Ciclo de Carnot. Se puede comprender que su desarrollo es aún embrionario si agregamos a esto que dichas instalaciones están sometidas a numerosos condicionantes estratégicos, como pueden ser la distancia de las costa al recurso térmico, la profundidad del fondo del mar, la profundidad del recurso, las corrientes, las olas, los huracanes, entre otros. El único ciclo térmico adecuado para el aprovechamiento de la energía térmica marina es el ciclo Rankine aplicado a una turbina de baja presión. Los sistemas pueden ser de

<sup>3</sup> Ver en [http://www.enr.fr/docs/2014103826\\_annuaireEMRBD.pdf](http://www.enr.fr/docs/2014103826_annuaireEMRBD.pdf)

ciclo cerrado, ciclo abierto o híbrido. Los sistemas de ciclo cerrado emplean como fluido de trabajo una sustancia de bajo punto de ebullición, como el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) o el R134A (tetrafluoretano,  $\text{CH}_2\text{FCF}_3$ ), para accionar a una turbina que a su vez arrastra un alternador que genera energía eléctrica. El agua caliente de la superficie del mar se bombea hacia un intercambiador de calor por el que circula el fluido de trabajo, que se vaporiza al absorber el calor del agua. La expansión del vapor hace girar el grupo turbina generador. Tras la expansión en la turbina, el fluido de trabajo, todavía en fase de vapor, atraviesa un segundo intercambiador de calor por el que circula el agua fría extraída de las profundidades. Se condensa y pasa a la fase líquida, tras lo que vuelve a ser bombeado hacia el primer intercambiador para reiniciar el ciclo térmico.

### Esquema del Ciclo Abierto<sup>4</sup>

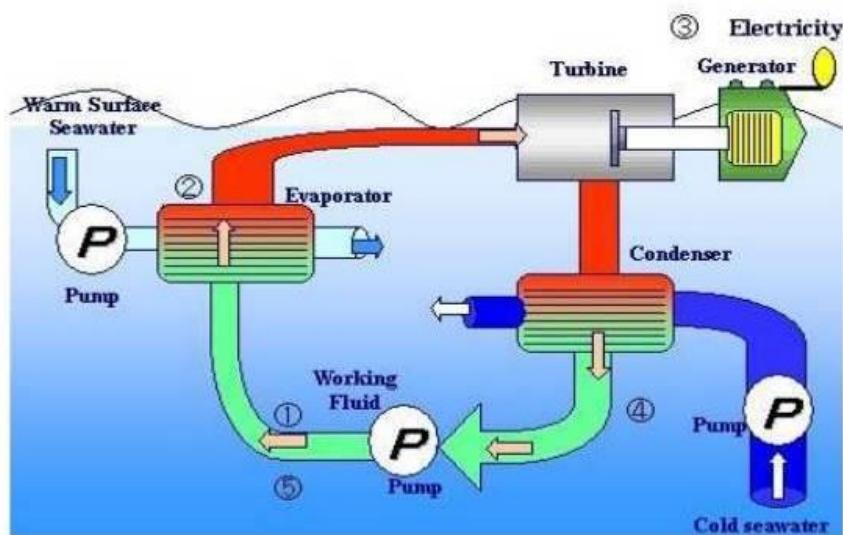


### Esquema del Ciclo Cerrado Anderson<sup>5</sup>

Los sistemas de ciclo abierto utilizan la propia agua caliente de la superficie del mar como fluido de trabajo para la producción de electricidad. Esta se introduce en un recipiente que se mantiene a presión inferior a la atmosférica por lo que entra en ebullición y se vaporiza, libre de sales y contaminantes.

<sup>4</sup> Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) system -Working principle and Efficiency. Publicado August 11, 2015. Consultado enero 2018. Ver en <http://www.zoombd24.com/ocean-thermal-energy-conversion-otec-system-working-principles-and-efficiency/>

<sup>5</sup> Non-Convectional Energy Resources Presentation By :- Prashant Kumar 12jk1a0370 Mechanical Final Year Guntur Engineering College. Nh-5, Yanamadala, Guntur. Published on Nov 5, 2015. Consultado



El vapor en expansión acciona una turbina de baja presión, que arrastra al generador eléctrico del sistema. El vapor expandido se licúa (agua destilada) por el condensador por el que circula el agua fría de las profundidades marinas. Puede ser empleada como agua potable desalinizada para consumo o riego. Asimismo, se han estudiado e implementado ciclos híbridos orientados a la producción, tanto de electricidad como de agua potable, en los que se combinan las características de ambos ciclos, cerrado y abierto. El agua de mar caliente entra en una cámara de vacío evaporándose instantáneamente (*flash vaporizer*). Este vapor de agua pasa por un vaporizador de amoníaco y es el vapor de amoníaco el que acciona la turbina. El vapor de agua ya condensado puede utilizarse como agua desalinizada para consumo o riego.

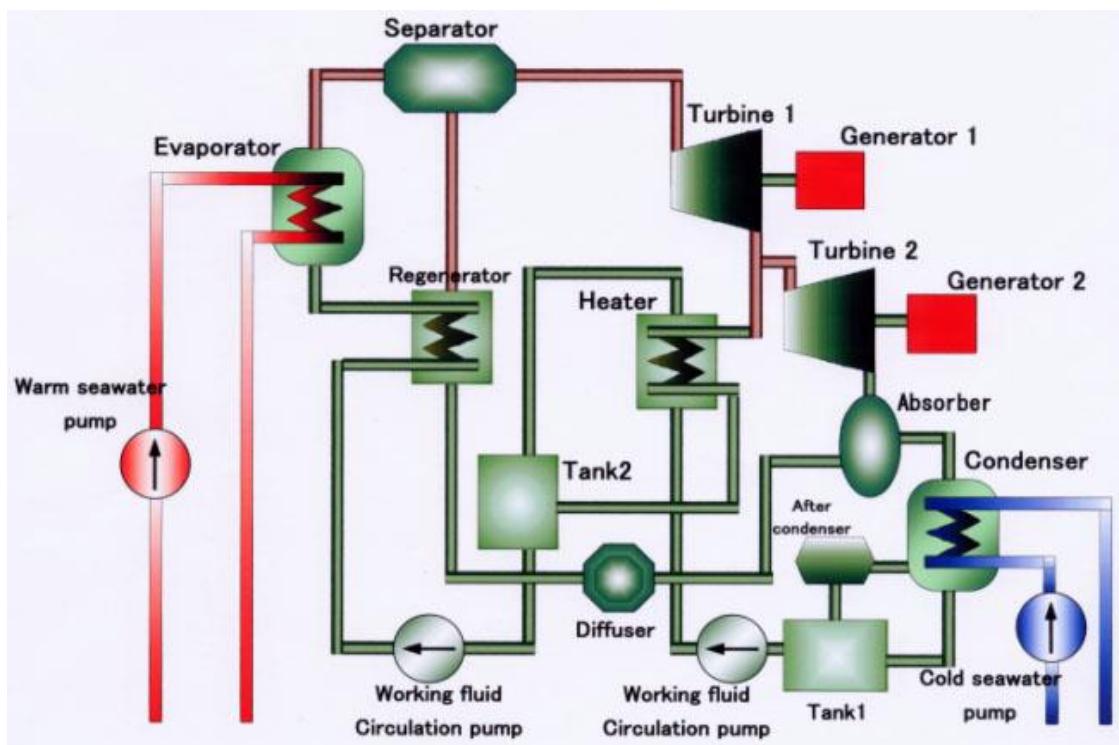
### El Ciclo Uehara

El sistema de ciclo cerrado original (Rankine) fue mejorado mediante la implementación de una mezcla amoniaco/agua como fuente de calor. Se implementó el ciclo Uehara<sup>6</sup>, mediante un intercambiador de calor eficiente que utiliza los principios

enero 2018. Ver en <https://www.slideshare.net/PrashantTipu/otec-54791316>.

<sup>6</sup> [http://www.nmri.go.jp/main/cooperation/ujnr/24ujnr\\_paper\\_jpn/Kobayashi.pdf](http://www.nmri.go.jp/main/cooperation/ujnr/24ujnr_paper_jpn/Kobayashi.pdf)

del ciclo Rankine.<sup>7</sup>



## TECNOLOGIAS DESARROLLADAS

### OTEC UNIVERSIDAD DE SAGA (Japón)<sup>8</sup>

#### SHIRANUI N°1 a SHIRANUI N° 5

Para 1980 finalizaron cinco pruebas en escala creciente. La capacidad de salida durante estas pruebas varió en cinco categorías, desde la más pequeña de 1W llamada "Shiranui No.1" hasta la más grande "Shiranui No.5" con 1.9kW.

<sup>7</sup> Uehara Cycle. Ver [http://www.opotec.jp/english/uehara\\_cycle.html](http://www.opotec.jp/english/uehara_cycle.html)

<sup>8</sup> Ver en [http://www.ioes.saga-u.ac.jp/en/about\\_lab\\_02.html](http://www.ioes.saga-u.ac.jp/en/about_lab_02.html). Consultado en 2014. Revisado en enero

**OTEC SAGA UNIVERSITY 50 KW**

En abril de 1981 se finalizó la construcción de una planta piloto con una capacidad de producción de 50 kW usando un ciclo de Rankine de tipo cerrado.

**IMARI 75 kW y 85 kW - OTEC SAGA UNIVERSITY**

En 1982 arranca la planta piloto de 75kW de capacidad en Imari, con un ciclo de Rankine de tipo cerrado modificado denominado como Método de la Universidad de Saga.

**Derivaciones**

Mientras tanto, en la conferencia internacional OTEC celebrada en el Reino



Unido en marzo de 1994, presentaron esa tecnología patentada, que despertó los intereses de muchos participantes y desde entonces pasó a denominarse "Uehara Cycle" por el nombre de su inventor. En 1985 completaron su planta experimental de 85 kW que en 2009 fue capaz de generar potencia neta utilizando amoníaco/agua como fluido de trabajo<sup>9</sup> con expectativas de alcanzar en un futuro próximo 1 MW como operación comercial.

A mitad de 2012, las empresas de ingeniería japonesas IHI Plant Construction Corporation, Xenesys Incorporated y Yokogawa Electric Corporation anunciaron su colaboración en la construcción de una planta Piloto de 50 kW OTEC en las aguas de la isla de Kumejima<sup>10</sup>.

En mayo de 2014, una delegación colombiano-holandesa visitó las instalaciones para evaluar una posible colaboración mediante la vinculación con la empresa Bluerise (Holanda), en instalaciones de la Isla de San Andrés (Colombia)<sup>11,12</sup>.

Los diseños más renombrados pertenecen a la empresa Xenesys, la cual ha adquirido los derechos de la tecnología desarrollada por la Saga University (Ciclo Uehara). También ha implementado en una mini planta<sup>13</sup> que puede ser replicada de manera comercial (ver videos de la planta de Okinawa<sup>14</sup>). En 2007, en Arabia Saudita y Kuwait se estudiaba adoptar la tecnología desarrollada por Xenesys/Saga University<sup>15</sup>.

Algunos de los equipos disponibles<sup>16</sup> para plantas OTEC pueden consultarse en la web<sup>17</sup>.

## MAKAI PLANTA OTEC EN HAWAII (EEUU)

En Estados Unidos, en noviembre de 2013, Makai Ingeniería Oceánica<sup>18</sup> recibió

<sup>9</sup> Ver en [http://www.otecnews.org/wp-content/uploads/2013/11/Ikegami\\_Mutair\\_Saga\\_University.pdf](http://www.otecnews.org/wp-content/uploads/2013/11/Ikegami_Mutair_Saga_University.pdf)

<sup>10</sup> Ver en <http://www.otecnews.org/2012/07/otec-pilot-plant-to-be-built-in-okinawa-prefecture/>

<sup>11</sup> Ver en [http://www.wageningenur.nl/upload\\_mm/4/8/a/9c916db6-96d3-40a1-b47e-89c1228a27ecjapan%20verslag\\_gecomprimeerd\\_DS.pdf](http://www.wageningenur.nl/upload_mm/4/8/a/9c916db6-96d3-40a1-b47e-89c1228a27ecjapan%20verslag_gecomprimeerd_DS.pdf)

<sup>12</sup> Ver en <http://www.wageningenur.nl/en/newsarticle/Delegation-in-Japan-Ocean-Thermal-Energy-Conversion-OTEC-on-the-island-Kumejima.htm>

<sup>13</sup> Ver en <http://www.youtube.com/watch?v=aQmfRNzLNQs>

<sup>14</sup> Ver en <http://www.youtube.com/watch?v=xYh-3BIaPlc>

<sup>15</sup> Ver en [http://www.japanfs.org/en/news/archives/news\\_id026789.html](http://www.japanfs.org/en/news/archives/news_id026789.html)

<sup>16</sup> Ver en [http://lgdata.s3-website-us-east-1.amazonaws.com/docs/1822/1066770/SEA\\_CHANGE.pdf](http://lgdata.s3-website-us-east-1.amazonaws.com/docs/1822/1066770/SEA_CHANGE.pdf)

<sup>17</sup> Ver en <http://www.xenesys.com/english/products/trackrecord.html>

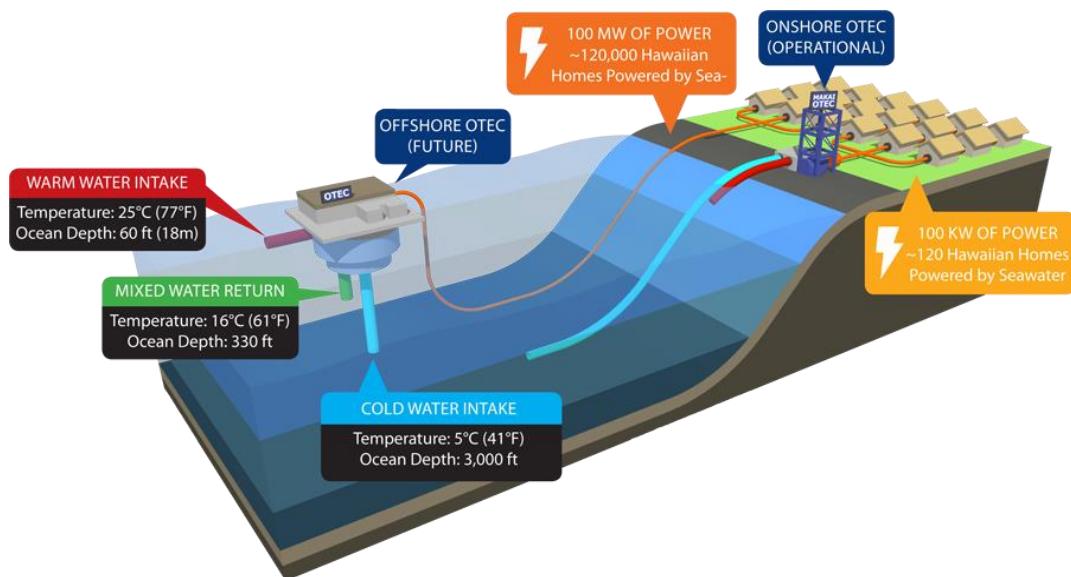
<sup>18</sup> Ver en <http://www.makai.com/>



U\$D3,6 millones, mediante un contrato de investigación y diseño de un sistema OTEC con viabilidad comercial. La inversión está orientada a los intercambiadores de calor que representan 1/3 del costo de la planta, los cuales deben tener gran performance, bajo costo y resistencia a la corrosión.<sup>19</sup>

Finalmente, Estados Unidos desde el 20 de agosto de 2015 comenzó a operar una planta de energía térmica oceánica conectada a red de 100 kW, lo que la convierte en la mayor del mundo, según informa su desarrollador, Makai Ocean Engineering.

Con un costo final cercano a los cinco millones de dólares, la planta está situada en el archipiélago de Hawái y genera electricidad para el equivalente de 120 familias. La instalación ha sido financiada por Naval Facilities Engineering Command junto con the Hawaii Natural Energy Institute, y desarrollada por Makai Ocean Engineering, una firma de diseño e ingeniería con sede en el archipiélago del Pacífico. Su funcionamiento está basado en la diferencia de temperatura existente entre el agua marina profunda (fría) y la superficial (templada), bombeando grandes cantidades de ambas aguas –de fondo y superficie- para hacer funcionar un ciclo energético a través de una turbina de vapor, que produce electricidad en una estación ubicada en tierra.<sup>20</sup>



<sup>19</sup> Ver en <http://www.districtenergy.org/blog/2013/11/13/makai-receives-funding-to-build-commercial-100kWe-otec-turbine-generator-at-kona-hawaii/>

<sup>20</sup> Ver en [https://www.energias-renovables.com/energias\\_del\\_mar/hawai-conecta-a-red-la-mayor-planta-20150828](https://www.energias-renovables.com/energias_del_mar/hawai-conecta-a-red-la-mayor-planta-20150828). Publicado el 28 agosto 2015. Consultado enero 2018.



*Instalación del intercambiador de calor<sup>21</sup>*

## OTROS DESARROLLOS

En 2011, la empresa OTEC Developments/OTEC International fue seleccionada por NELHA Natural Energy Laboratory of Hawaii Authority para la construcción de una unidad demostradora de 1 MW de producción. En 2012, se negociaron términos del acuerdo y se estimó que el costo del proyecto sería de U\$D30 millones<sup>22</sup>.

En 2013, se negociaron, además de la instalación de la planta en Hawaii, otros proyectos en las Islas Caimán para una planta de 25 MW y Bahamas (3-5 MW, de tipo Barcaza<sup>23</sup>).

---

<sup>21</sup> <http://www.hawaiibusiness.com/Hawaii-Business/November-2011/Hawaiis-Natural-Energy-Laboratory-fuels-innovation/>

<sup>22</sup> <http://www.oteci.com/press-releases/otec-international-llc-moves-forward-on-nelha-planning>

<sup>23</sup> <http://www.oteci.com/good-news/enews-archive>



Prototipo ensamblado e instalado en la Isla Reunión.<sup>24</sup>

### PLANTA PILOTO DE 20 kW (Corea del Sur)

Corea del Sur cuenta con el Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering (KRISO) y el Korea Institute of Ocean Science and Technology (KIOST) que desarrollaron una planta piloto de 20KW, que puede ser escalada a 1 MW. En una segunda etapa se escalaría a una planta de 200 KW para 2014-2017 y se avanzaría sobre un diseño para una planta precomercial de 1 MW a fin de ese ciclo<sup>25</sup>.



Modelo conceptual de 100 w



Instalaciones

En enero de 2014 se hizo una demostración pública de funcionamiento de la planta a ser escalada, y se incorporaron otras fuentes energéticas que posibilitan el funcionamiento de una planta OTEC fuera de las latitudes preestablecidas de +/- 40° N/S.

<sup>24</sup> <http://fr.dcnsgroup.com/wp-content/uploads/2010/10/59716.pdf>

<sup>25</sup> <http://www.ct-si.org/events/APCE2013/partner/abstract/pop.html?i=OTEC160>

## OTROS PROYECTOS

Francia<sup>26</sup> lleva adelante los esfuerzos de I+D+i de OTEC`s a través de la Unidad de Energía Oceánica del DCSN (Direction des Constructions Navales) con estudios en sus territorios de ultramar. A principios de 2012, comisiona un prototipo basado en tierra, que actualmente está funcionando en Saint Pierre, Isla Reunión (Caribe). Es un prototipo de prueba y optimización de parámetros, con un proyecto de diseño de planta de 10-20 MW en un futuro cercano (2015)<sup>27</sup>.

China ha avanzado con la empresa Lockheed Martin (EEUU), poseedora de casi veinte patentes CETO/OTEC, por lo que conforma *un joint venture* con el Grupo Reignwood, con sede en Hong Kong. En conjunto, planean diseñar y construir una planta de escala comercial, de 10 MW de capacidad, instalada frente a la costa de China, en la isla Hainan, con idea de brindar energía a una comunidad local<sup>28</sup>. La Universidad Shanghai JiaoTong<sup>29</sup> posee con seis patentes referidas a OTEC<sup>30</sup>. Entre los desarrollos más relevantes, se cuenta el diseño de un sistema de Ciclo cerrado OTEC recalentado por energía solar.

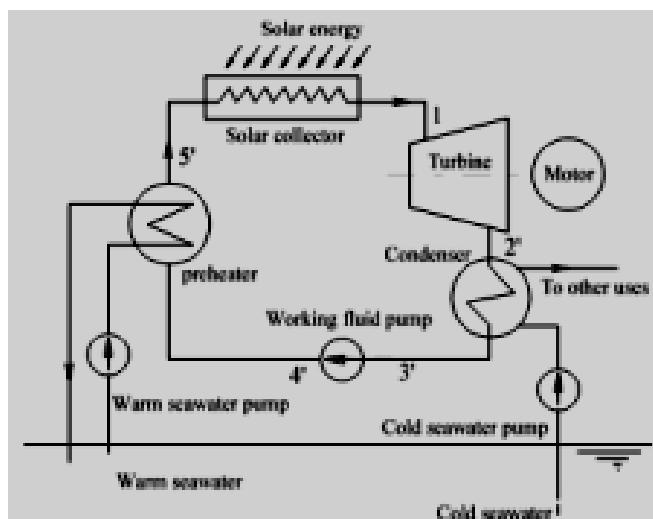


Fig. 1. Sketch of CC-OTEC system with solar collector.

<sup>26</sup> <http://fr.dcnsgroup.com/energie/energies-marines-renouvelables/energie-thermique-des-mers/>

<sup>27</sup> Ver en <http://hinmrec.hnei.hawaii.edu/wp-content/uploads/2013/09/2.1-Bouchet-DCNS -OTEC-Strategic-Development.pdf>

<sup>28</sup> <http://phys.org/news/2013-04-partnership-world-largest-otec-china.html>

<sup>29</sup> Ver en [http://download.springer.com/static/pdf/852/art%253A10.1007%252Fs12206-008-0742-9.pdf?auth=66-1399833805\\_95e3b5ad8b9107263e57dc61a2c34ac1&ext=.pdf](http://download.springer.com/static/pdf/852/art%253A10.1007%252Fs12206-008-0742-9.pdf?auth=66-1399833805_95e3b5ad8b9107263e57dc61a2c34ac1&ext=.pdf)

<sup>30</sup> <http://me.sjtu.edu.cn/english/Faculty/showDetail.aspx?id=197>

## 2.1. GRADIENTE SALINO

La generación de energía se basa en las interfaces existentes entre agua salada y agua dulce (agua de río) y agua de mar. La mezcla de ambos gradientes genera energía que puede ser transformada en electricidad utilizando procesos apropiados. Los datos de descarga de agua continental a nivel mundial estiman una potencia aprovechable de más de 1600-1700 TWh ya que hay múltiples enclaves geográficos adecuados para esta tecnología<sup>1</sup> Al 2014 no detectamos plantas comerciales en operación.

Entre las tecnologías que están siendo estudiadas, resaltan dos principales que tratan de aprovechar el diferencial de salinidad, denominadas:<sup>2</sup>

- PRO (Pressure Retarded Osmosis): inventada por Sidney Loeb en 1973 y patentada en 1973 (Israel) /1975 (EEUU)<sup>3</sup> es similar al principio de ósmosis simple, ya que utiliza la diferencia de densidad entre los cuerpos de agua. Cuando están separados por una membrana, los cuerpos de agua tienden a equilibrarse y generar, consecuentemente una gran presión, la cual se puede utilizar para generar energía que combina aspectos de osmosis positiva y osmosis inversa. La tecnología consiste en bombear agua marina a un depósito, donde la presión es inferior a la presión osmótica entre el agua dulce y la salada. El agua dulce fluye a través de una membrana semipermeable e incrementa el volumen de agua en el depósito que puede generar electricidad mediante una turbina hidráulica.
  
- RED (Reversed Electro Dialysis): utiliza el intercambio iónico entre agua potable y agua salada. En un dispositivo de este tipo, los cuerpos de agua están separados con membranas que permiten cruzar a los iones. Aniones y cationes cruzan membranas y este fenómeno genera energía. Consiste en el fenómeno inverso a la desalación de

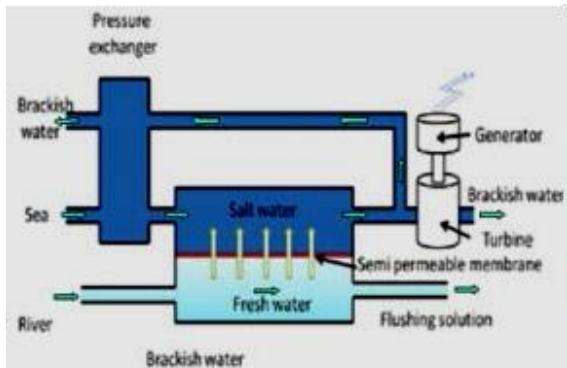
<sup>1</sup> <http://salinitygradientpower.eu/wp-content/uploads/2011/08/workshop-report-EUSEW.pdf>

<sup>2</sup> [http://wavec.org/client/files/April\\_2010\\_Report\\_State\\_of\\_Art\\_Ocean\\_Energy\\_efm\\_reduced.pdf](http://wavec.org/client/files/April_2010_Report_State_of_Art_Ocean_Energy_efm_reduced.pdf)

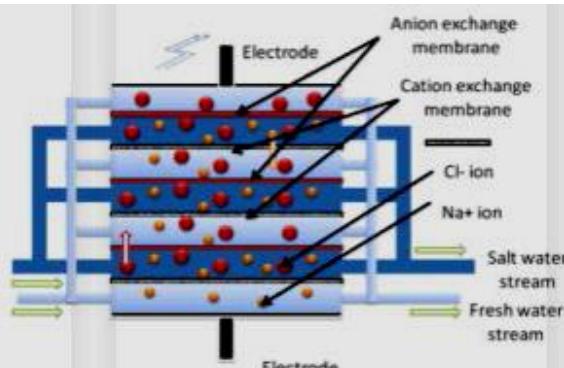
<sup>3</sup> <http://www.google.com/patents/US3906250>

agua: mediante membranas selectivas a los iones se crea electricidad en forma de corriente continua.

**Esquema del Sistema PRO<sup>4</sup>**



**Esquema del Sistema RED**



Ambas tecnologías se basan en la utilización de membranas, por lo que el diseño de las mismas representa el mayor de los desafíos para las empresas que llevan adelante estos desarrollos. Actualmente, se trabaja con densidades “objetivo” que estén en el orden de los  $5 \text{ W/m}^2$ , aunque se considera que es posible alcanzar una potencia de  $10 \text{ W/m}^2$ .

## ALGUNOS DESARROLLOS

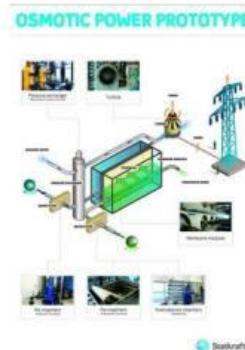
### PRO REDSTACK TOFTE (Hurum, Noruega).

En 2009, comenzó a operar la primera planta prototipo, basada en PRO que convierte presiones osmóticas en presiones hidrostáticas, útiles para mover una turbina que produce energía eléctrica construida por la empresa STATKRAFT<sup>5</sup> localizada en Tofte (Hurum, Noruega). La planta se construye bajo el proyecto financiado por la Comunidad Económica Europea denominado “Salinity Gradient Power” y es operada por la empresa SINTEF<sup>6</sup>. Se diseñó para una potencia de 10 kW, comienza a operar desde los 2-4 kW. Este proyecto se discontinuó en diciembre de 2013.

<sup>4</sup> <http://spectrum.library.concordia.ca/977849/1/Pillay2012f.pdf>

<sup>5</sup> <http://www.statkraft.no/>

<sup>6</sup> <http://www.sintef.no/>



Planta en Tofte (Hurum, Noruega)

### RED REDSTACK - FUJIFILM - WETSUS

REDSTACK<sup>7</sup>, un spinoff de Wetsus<sup>8</sup>, colabora con Fujifilm y la propia Wetsus para el diseño de membranas<sup>9</sup> tratando de desarrollar tecnologías RED.



Actualmente alcanza una densidad energética de  $2 \text{ W/m}^2$  en pruebas de laboratorio con el objetivo de doblar la capacidad a  $4 \text{ W/m}^2$ . También, se diseña una planta piloto en el mar de Wadden frente a las costas holandesas<sup>10</sup>. Los cálculos predicen que un flujo continuo de 1000 lts de agua fresca por segundo, mezclada con la misma capacidad de agua de mar, representa una capacidad de generación de aproximadamente 1 MW. En el caso de la localización del mar de Wadden, con un flujo de 200.000 lts/seg, una planta de energía eléctrica con tecnología osmótica

<sup>7</sup> [www.wetsus.nl](http://www.wetsus.nl)

<sup>8</sup> <http://www.redstack.nl/>

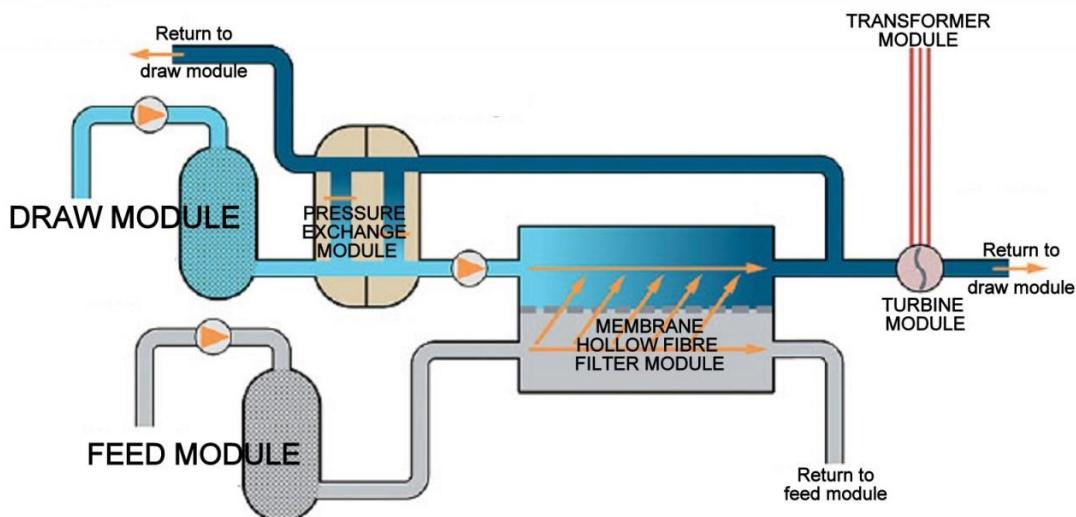
<sup>9</sup> <http://www.bluetechresearch.com/intelligencebriefings/ide-technologies-and-statkraft-to-build-2mw-pro-osmotic-power-pilot-plant-in-norway-while-redstack-plans-a-new-red-osmotic-power-pilot-plant-in-the-netherlands/>

<sup>10</sup> <http://www.delta.tudelft.nl/article/osmotic-power-plans-scrutinised/24631>

tiene el potencial de generar 200 MW. RedStack espera en tres años alcanzar la escala comercial<sup>11</sup>

### PLANTA KYOWAKIDEN INDUSTRY CO., LTD. Y UNIVERSIDAD DE NAGASAKI (Japón, 2015)

“Una tecnología PRO recupera la energía renovable. Las características de PRO no son emisión de calor, ninguna reacción química, estabilidad bajo ninguna condición climática, y el sistema PRO usa agua residual tratada, por lo que puede construirse cerca o en áreas urbanas.



La planta PRO prototipos ha operado con éxito durante un año y ha logrado una densidad de potencia de 10 W / m<sup>2</sup> ... Se prevé que sea una de las tecnologías clave en los futuros sistemas de agua de mega toneladas ". Así se expresó Hideyuki Sakai, Presidente de Kyowakiden Industry CO., Ltd. Universidad de Nagasaki Japón 2015<sup>12</sup>.



<sup>11</sup> <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2010/10/osmosis-re-emerges-as-a-promising-power-source>

<sup>12</sup> <http://www.osmosisenergy.uk/Research-Development/>. Consultado enero 2018.





## 1. INTERCONEXIÓN A REDES

La energía producida por cualquiera de los equipos conversores de energía marina en energía mecánica es transformada en energía eléctrica e inyectada a un sistema interconectado o utilizada en un sistema aislado. Denominaremos Subsistema Eléctrico a los equipos e instalaciones necesarias para producir y entregar la energía eléctrica al usuario final.



Las previsiones de diseño, construcción y operación del Subsistema Eléctrico se pueden agrupar en los siguientes segmentos:

- Generador Eléctrico
- Instalaciones de Central
- Transmisión
- Interconexión a un sistema
- 

Como parte de la unidad primaria del conversor, puede incluirse el generador eléctrico, que podrá o no incluir un segmento hidráulico:



Luego, la etapa de vinculación con el usuario final podrá estar integrada de la siguiente forma:



Dado que la gran mayoría de las redes son sistemas de corriente alterna, cada

elemento que se conecta con el sistema debe ser apto para mantener el enlace sincrónico, es decir, para operar a la frecuencia del sistema manteniendo los niveles de tensión y la calidad de servicio dentro de valores reglamentarios. Todo nuevo equipo a interconectar debe presentar los estudios convencionales sobre condiciones normales de operación, ciclos, estacionalidad, y estudios de fallos. En este caso, además se deberá incluir estudios especiales debido a los escasos antecedentes disponibles.<sup>80</sup>

## GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Dado el carácter experimental del aprovechamiento de la energía oceánica, no existe un generador estándar adoptado por la industria. Según sea el tipo de dispositivo utilizado como WEC o TEC (Wave or Tidal Energy Converter), transformará la energía oceánica en movimiento resultante del tipo lineal o del tipo rotativo y el generador convertirá esta energía mecánica en electricidad.

Entre los generadores eléctricos posibles de usar se encuentran:<sup>81</sup>

Rotativos Corriente Alterna		
Sincrónicos	Con fuente auxiliar, colectores e inyección de corriente de excitación del rotor (iex)	Tiene control de reactivo Pulsa a velocidad sincrónica
Asincrónico Jaula	Sin escobillas	Solo consume reactivo de la red
Asincrónico rotor bobinado	Con fuente auxiliar, colectores e inyección de corriente de excitación del rotor (iex)	Tiene control de reactivo
Rotativos Corriente Continua		
Generador CC	Con fuente auxiliar, colectores e inyección de corriente de excitación del rotor (iex)	Requiere conversor CC/CA
Lineales		
Generador Lineal	Sin fuente auxiliar	Requiere conversor CC/CA

<sup>80</sup> Peter Croll y otros, *Guidelines for project developments the marine energy industry*, EMEC, 2009.

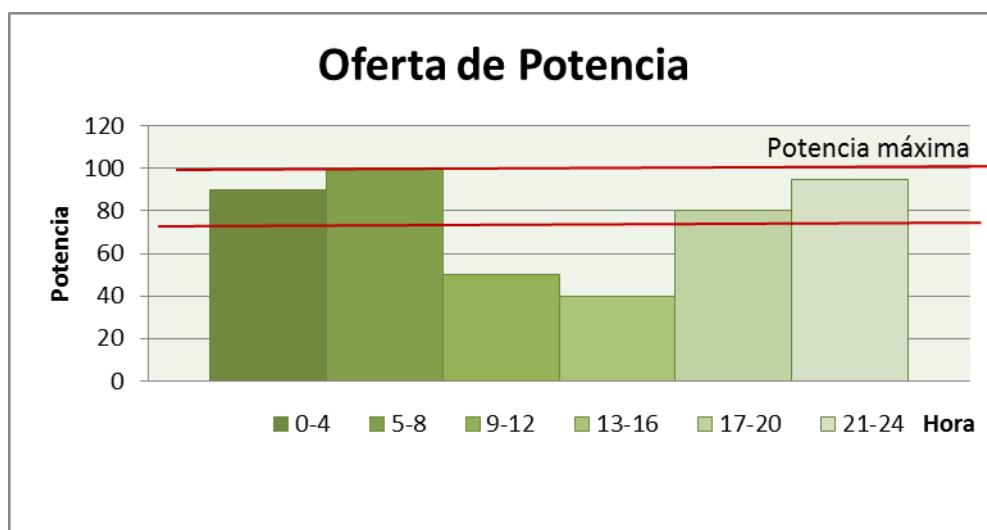
<sup>81</sup> Jahangir Khan y otros, *Evaluation of electrical technology solutions in marine energy*, NRC, 2009.



Será necesario determinar también las características de la energía producible por el equipo en un período de tiempo. Por ejemplo, sus curvas de ofertas diarias, estacionales, indicadores de aleatoriedad de la oferta, ciclos de operación, factor de disponibilidad, tiempo anual en mantenimiento.

La curva de Oferta de Potencia del equipo en un período muestra la potencia erogable durante cierto intervalo, considerando el comportamiento habitual del mar en el lugar de implantación del dispositivo.

Se define Potencia como la capacidad de producir y/o transmitir la energía en la unidad de tiempo. Se define Energía como el uso total o parcial de esa capacidad en un cierto período de tiempo. El área de la curva de oferta de potencia representará la oferta de energía.



Energía será entonces la sumatoria de la Potencia desarrollada en cada unidad de tiempo durante un determinado período en este caso un día típico:

$$E(Wh) = \sum_{i=1}^n (P_i des(W) * t(h))$$

El área representa la energía en Wh en un día y puede estimarse una potencia media, como aquella que a valor constante durante todo el período produce la misma energía.

$$P_{med} (W) = \text{Energía Erogable (Wh)} / \text{Tiempo (en este caso 24 horas)}$$

El factor de planta, que mide el grado de aprovechamiento de la implantación del equipo conversor será:

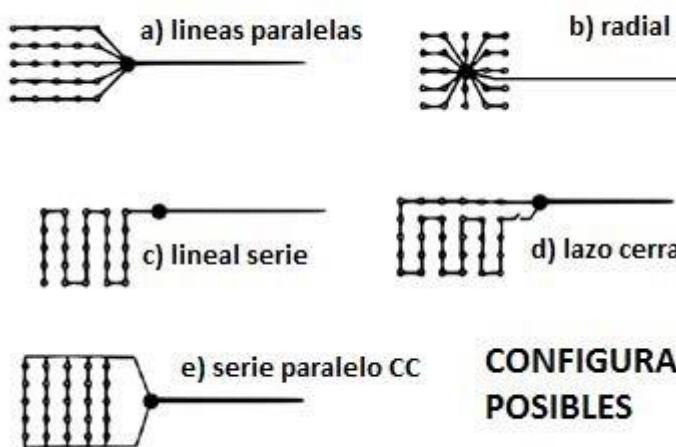
$$F_{planta} = P_{med}/P_{máx}$$



## INSTALACION DE CENTRAL

La conformación de la central o también llamada granja *offshore* responde a criterios técnico económicos que determinan cuál es la configuración óptima.

Se trata de conectar un conjunto de equipos individuales en un punto concentrador desde donde se transporta la energía a la red interconectada. El diseño admite varias configuraciones que adoptan la alternativa de máxima confiabilidad y mínimo costo.



**CONFIGURACIONES POSIBLES**

El diseño definitivo dependerá de las condiciones reales de mar, profundidad, tipo de lecho marino, corrientes y mareas. En una central compuesta por N equipos individuales, la configuración óptima será la que minimice el costo total de instalación de la central:

$$CT_{Inst\ de\ central} =$$

$$= \sum_{i=1}^{N_c} [C. Cables + C. Conversora Coleadora + C. Montaje + C. Adm&Dirección]$$

El nodo concentrador tendrá una especificación de salida definida por la potencia, tipo y nivel de tensión, corriente alterna y/o continua y su curva característica de producción en términos de potencia activa y reactiva.

## TRANSMISIÓN ELÉCTRICA

Conceptualmente, la línea transmite Energía, pero es común referirse a la Potencia entendida como capacidad de transmitir energía en unidad de tiempo.

Conceptualmente, la potencia o capacidad de transmitir energía en una unidad de tiempo será función directa del cuadrado e inversamente proporcional a la longitud:

$$P (W) = \text{función} [ U^2 (V) / \text{Longitud (km)} ]$$

Por otra parte, Potencia es igual al producto de la Tensión U medida en Volt (V) por la Intensidad de Corriente I medida en Amper (A):  $P(W)=U (V) \times I (A)$ . Se utilizan tensiones mayores para reducir las corrientes, y de esta manera, las pérdidas de energía en la transmisiones.

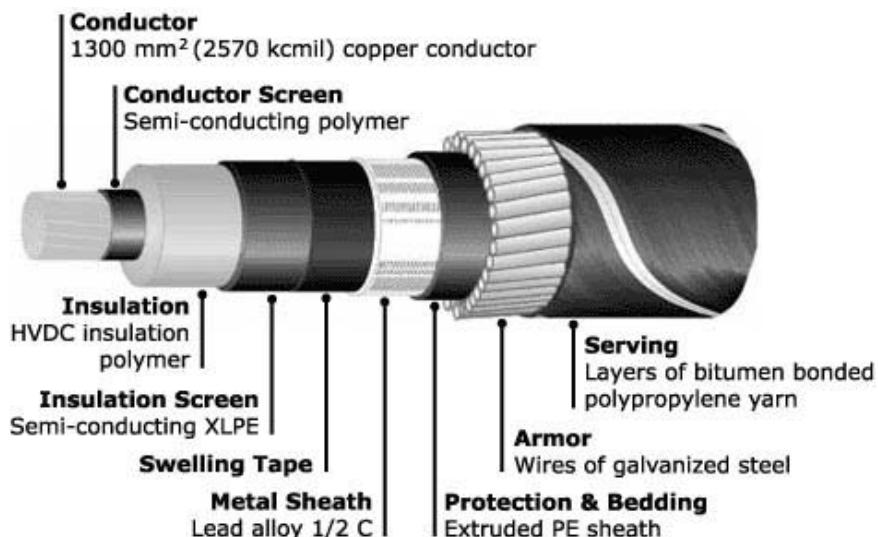
Estas unidades básicas suelen por simplicidad utilizar los siguientes prefijos:

k :kilo =  $10^3$

M: Mega =  $10^6$

G : Giga =  $10^9$  T: Tera =  $10^{12}$ .

Por sus características la transmisión de la energía oceánica se realizará mediante cable submarino. El cable presenta más dificultades de modelado y tiene, por sus parámetros eléctricos característicos, una prestación más restringida en particular en corriente alterna.<sup>82</sup>

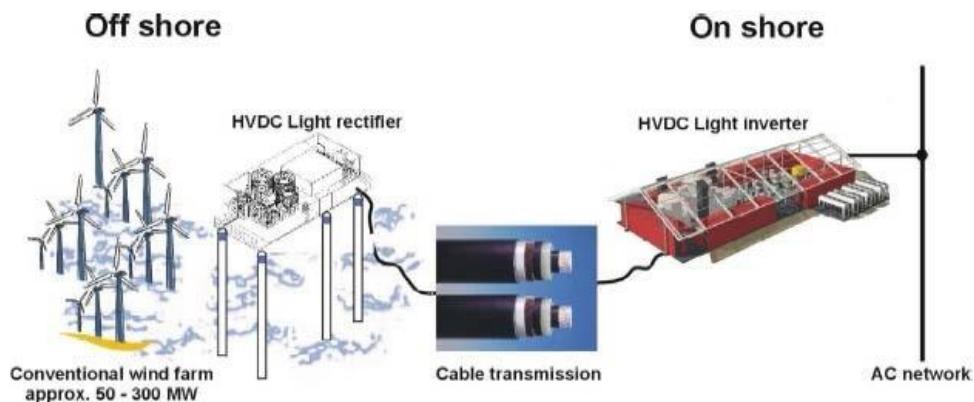


Definida la configuración del concentrador de la energía de la central, se elige el tipo de transmisión que vincula la instalación costa afuera con el sistema interconectado correspondiente.

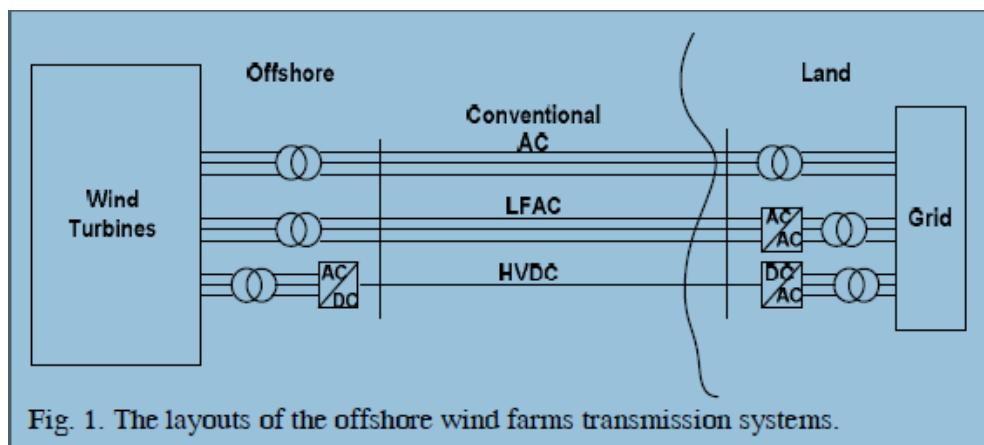
<sup>82</sup> Thorsten Völker, *Power transmission from offshore wind farms*, University Of Applied Sciences Bremerhaven, Germany, 2012.

Sthitadhee Sarkar, *Power transmission options for offshore windfarms in Scotland*, University of Strathclyde, UK 2012.

Sally D. Wright y otros, *Transmission options for offshore wind farms in the United States*, University of Massachusetts, USA, 2002.



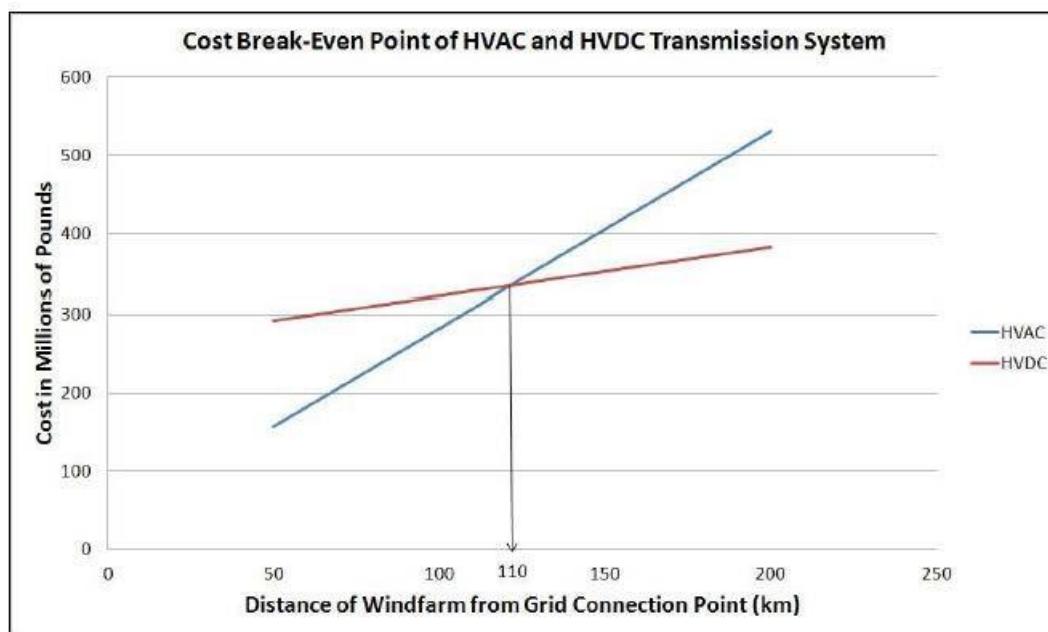
La interconexión submarina presenta tres alternativas básicas, todas ellas con restricciones de longitud: corriente alterna convencional, corriente alterna con baja frecuencia y corriente continua.<sup>83</sup>



Escencialmente, la selección de alternativas se basa en criterios técnicos y económicos. En ambos, la potencia y la distancia son los parámetros relevantes. Suele definirse una distancia límite de uso para la transmisión de corriente alterna originada en las restricciones que impone el flujo de energía reactiva.

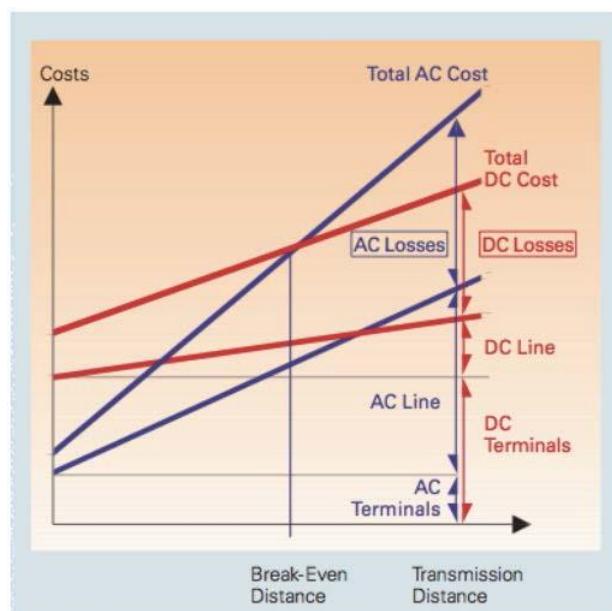
Además en la comparación técnico-económica suele obtenerse una distancia crítica, a valores inferiores de longitud de transmisión es más conveniente el uso de HVAC y a valores superiores se impone el HVDC.

<sup>83</sup> Nan Quin and others ,Offshore Wind Farm Connections IEEE



*Figure 6-9: Cost Break-Even Point of a HVAC and HVDC Transmission System*

Esta distancia crítica se origina en el hecho de que el costo fijo de las estaciones transformadoras de corriente alterna son inferiores a los costos fijos de las estaciones conversoras de CA/CC utilizadas en HVDC. A su vez, los costos por unidad de longitud de las líneas de corriente alterna son mayores que los de corriente continua. De igual manera sucede con las pérdidas en ambos casos.



En transmisiones de HVAC se puede instalar compensación de energía reactiva en los extremos y aún en el medio de la transmisión, solo que en este último caso se requiere instalar una plataforma adicional para los equipos.

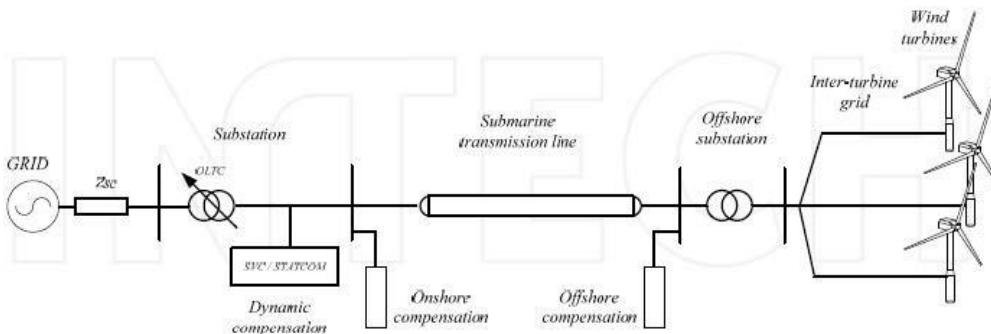


Figure 3.5 Typical layout of HVAC transmission system.

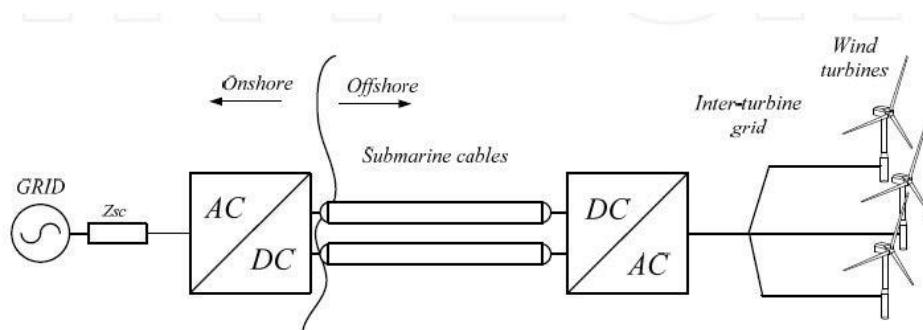


Figure 3.8 Generic layout of bipolar HVDC transmission system.

## INTERCONEXION A LA RED<sup>84</sup>

La interconexión a la red, como en cualquier sistema sincrónico, se rige por una multiplicidad de normas, procedimientos y recomendaciones que tienen por objetivo evitar que el ingreso de un nuevo equipo afecte la operatividad y confiabilidad de la red.

El reglamento de conexión contiene los requisitos mínimos que deben cumplir los equipos a ingresar en el sistema sincrónico y los procedimientos de conexión, desconexión y abandono que deberán seguir los operadores responsables ante cada una de las situaciones previstas.

El código óptimo de red tiene por objeto establecer las obligaciones recíprocas de todos participantes que forman parte de la operación del sistema de transmisión. Es importante mencionar que este código deberá contener los requisitos mínimos, y estos pueden cambiar de acuerdo con las necesidades de cada país que lo aplica.

<sup>84</sup> Lancheros Camilo, *Transmission systems for off shore wind farms*, TUHH, Abril 2013

Fabien Renaudin , *Integration and stability of a large offshore wind farm with HVDC transmission in the norwegian power system*, NTNU 2009.

Iván Machado y otros, *Grides codes comparation*, Chalmers, 2009.



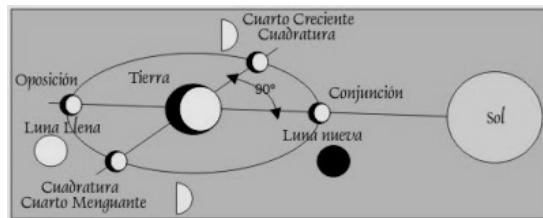
## 4. PROYECTOS HISTÓRICOS

### 4.1. INTRODUCCIÓN

#### EFFECTO DE LAS MAREAS

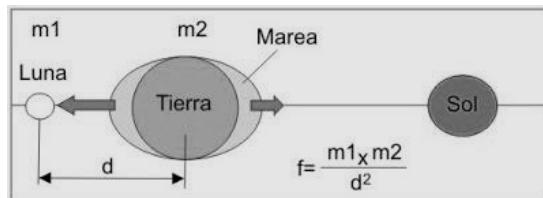
En la parte móvil del mundo (los océanos y mares), la influencia del Sol y de la Luna sobre nuestro planeta produce un fenómeno de atracción y repulsión que conocemos con el nombre de mareas.

En una determinada zona geográfica, el nivel máximo al cual puede llegar la altura del mar se denomina pleamar. Desde la pleamar comienza un descenso del agua que llega hasta un nivel mínimo, nombrado bajamar, a partir del cual el agua del mar comienza su ascenso sobre la tierra hasta llegar a la próxima pleamar.

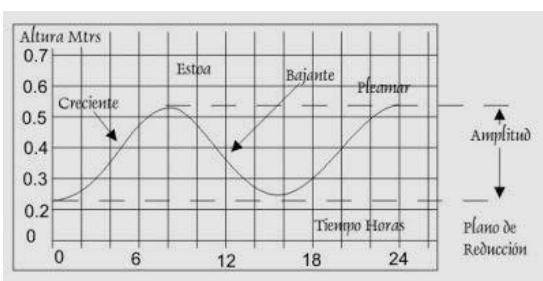


La pleamar y la bajamar para un mismo lugar de la costa están separadas por un período de aproximadamente 6 horas, es decir, que durante un día este ciclo de 6 horas se repetirá cuatro veces.

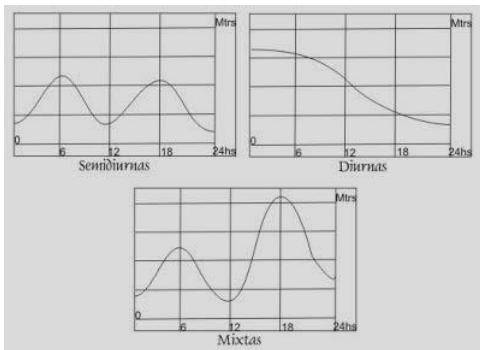
La marea es el resultado de las fuerzas gravitacionales e iniciales que actúan sobre cada porción del océano. Además del campo de fuerza gravitacional de la Tierra que lo mantiene adherido a ella, el océano siente el efecto gravitacional a distancia de los cuerpos celestes, particularmente de la Luna por su cercanía y del Sol por su gran masa.



Se suman a éstos las fuerzas iniciales debidas a los movimientos de rotación de los sistemas Tierra-Luna y Tierra-Sol, que giran cada uno en torno a un centro de masa común.



Así, cada porción de fluido del océano está sujeta a fuerzas que nunca están en equilibrio. La fuerza resultante, la suma vectorial de todas ellas, es la que genera la marea: la fuerza generadora (o generatriz) de la marea.



producen dos pleamares y dos bajamares pero en diferente amplitud, “mareas mixtas” o de desigualdades diurnas.

No siempre encontramos sobre el globo, la marea típica, dos pleamares y dos bajamares. Por efecto de las interferencias y la latitud puede darse otro tipo de mareas.

Si se tienen dos pleamares y dos bajamares, durante el día se las denomina “mareas semidiurnas”. Una pleamar y una bajamar en el día, “mareas diurnas” y si se

El primer caso, lo tenemos en casi todos los puertos al sur de Bahía Blanca. El segundo caso, pocos puertos lo tienen y el último, que es la combinación de una marea diurna y otra semidiurna que da como resultante una marea de este tipo, es típica de la costa de la provincia de Buenos Aires y Uruguay.

## SINGULARIDAD GEOGRÁFICA COSTA ATLÁNTICA

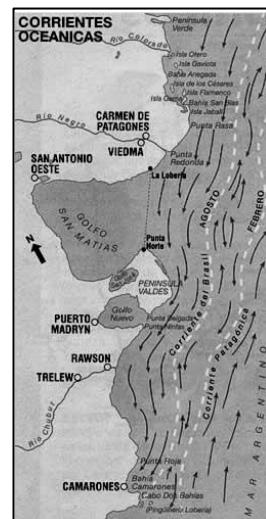
La amplitud de las mareas a lo largo de nuestra costa patagónica se ubica entre las cuatro más grandes del mundo y alcanza valores de hasta 12m en la bahía Grande, provincia de Santa Cruz. Hacia el norte de esta bahía, las alturas de marea van disminuyendo, salvo en los golfos de San José y Nuevo, donde los máximos niveles de las aguas son netamente más elevados que en áreas vecinas.



Figura 4. Sitios en el mundo con importantes rangos de marea

Puertos o bahías	Amplitudes de marea (m)
Puerto Peñasco, Sonora, México	8,0
Liverpool, Bristol, Inglaterra	10,0
Braunagar, India	12,5
Bahía Collier, Australia	14,0
Bahía Mont Saint Michel, Francia	15,0
Río Gallegos, Argentina	18,0
Bahía Fundy, Canadá	19,0

En esta zona, donde se inserta hacia el mar la península de Valdez, a este fenómeno de apreciable altura de las mareas, se une otro de origen topográfico que favorece la reflexión de las aguas y perturba la propagación de las corrientes marinas. Entonces, se produce un desfase horario constante entre las alturas de mareas del golfo San José y del golfo Nuevo. Es decir que, mientras en uno de esos golfos la marea está próxima a la pleamar, en el otro



está cerca de la bajamar y recíprocamente, y así en forma constante y repetida a través del tiempo.

El estrecho istmo Carlos Ameghino que separa ambos golfos, de 5 a 7km de ancho, actúa como un magnífico dique natural que embalsa a un lado y a otro el agua de las pleamaras y de las bajamaras que se alternan en ambos golfos. La onda de marea se desplaza de Sur a Norte, con una amplitud de 5,9m y con la característica de existir entre ambos golfos un intervalo pleamar-bajamar de 5 horas.



El fenómeno que en otros países se logra aprisionando con compuertas o cierres en las desembocaduras de las bahías, en la península de Valdez lo brinda la naturaleza. El desfase horario de mareas tiene lugar a ambos lados del istmo Ameghino, de relativamente poco ancho.

## 4.2. ESTUDIOS REALIZADOS EN PENÍNSULA DE VALDEZ<sup>85</sup>

### A) Años 1915-1919

Trabajos realizados por el Capitán de Fragata de nuestra Armada José A. Oca Balda. En 1919, Comandante del *Patagonia*, escribe dos trabajos: el primero, el libro *Utilización de las mareas en la Bahía San José*, en el cual propone cerrar la boca de esa bahía con un dique de 6km de longitud y formar, de esta manera, un embalse de 780km<sup>2</sup> de superficie de mar libre que podría accionar turbinas hidráulicas instaladas en el espesor del mismo dique.



El segundo trabajo se denomina *Aprovechamiento de las corrientes de las mareas* y en él explica las mejores formas de aprovechar estas corrientes.

### B) Año 1922

Estudios realizados por el Dr. Damianovich y el Ing. Besio Moreno, volcados en un trabajo titulado “*Utilización de las mareas patagónicas, posibilidad de implantar usinas hidroeléctricas e industrias mecánicas y electroquímicas*”. Este trabajo fue elevado a la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Buenos Aires, que envió al Poder Ejecutivo por medio del Ministerio de Justicia e Instrucción Pública, el

<sup>85</sup> <http://www.centronaval.org.ar/boletin/BCN813/813chingotto.pdf>



pedido de designación de una Comisión Nacional Honoraria para realizar estudios más profundos sobre el tema.

### C) Años 1923-1925

El Presidente Alvear designó una comisión presidida por el ingeniero Julián Romero, entre cuyos integrantes se encontraba el entonces Capitán de Navío Segundo Storni, quien poseía también inquietudes sobre la energía mareomotriz y quien fue el precursor del esclarecimiento del concepto y la importancia de los intereses marítimos en la Argentina.

La Comisión Nacional Honoraria propone cerrar el golfo San José mediante un dique de 6km para formar en ese golfo una cuenca de doble efecto de 600km<sup>2</sup> de superficie. El costo de la obra era muy elevado, debido al enorme volumen de la escollera de cierre requerido, y los inconvenientes de la dificultad en su construcción en una zona totalmente desprotegida de los embates del mar y de los fuertes vientos y tormentas imperantes en la zona.

El ingeniero Romero concluye su estudio con una propuesta muy interesante: afectar la producción de energía de esa planta mareomotriz a un amplio estanque y central de bombeo al distribuir agua dulce para riego. De este modo, las intermitencias de la usina mareomotriz y la variación continua de los momentos de la pleamar y la bajamar no afectarían la maniobra de bombeo y distribución del agua dulce, ya que estas actividades pueden detenerse y recomenzar.

### D) Año 1948

#### *Estudio del ingeniero Juan Carlos Erramouspe.*

Propone excavar en el istmo Ameghino un canal que comunique el golfo San José con el golfo Nuevo y montar en él un conjunto de turbinas hidráulicas que aprovecharían los respectivos desniveles fluctuantes de mareas existentes a ambos lados del istmo. Comenta las dificultades que existirían de ejecutarse la propuesta del ingeniero Romero, es decir, el cierre de la boca del golfo San José.

En cuanto a los centros de consumo, se propone montar un “polo de desarrollo” en la zona próxima a la península de Valdez, con fábricas que exploten la ganadería, la agricultura, la metalurgia, la química, etc. Esto se debe a que se dispondría de energía abundante y barata.

Asimismo, el ingeniero Erramouspe proponía aprovechar las excavaciones para abrir un canal de navegación entre ambos golfos. En cuanto al modo de financiación, sugiere deducir del costo total de los trabajos, el correspondiente a la abertura del canal de navegación que debería cargarse a los organismos relacionados con la navegación, y a la defensa nacional.



Considera necesario profundizar los estudios sobre el terreno y construir modelos a escala reducida para experimentar antes de encarar la obra.

E) Año 1948

*Estudio de Grupo Francés de Ingeniería.*

Fue presentado al Ministerio de Industria y Comercio con una propuesta similar a las del ingeniero Erramouspe. La contratación de la confección de estudios más avanzados con este grupo francés no llegó a concretarse.

F) Año 1950

*Informe del ingeniero José Richterich.*

Fue designado por Agua y Energía. Richterich propone la apertura de un canal de 250 metros de ancho y el montaje de una central de “baja caída” que funcionará en ambos sentidos aprovechando el desfase de mareas existentes entre los golfos San José y Nuevo.

G) Años 1957-1959

*Estudios de la firma Sogreah.*

La Dirección Nacional de Energía de la Argentina firmó un contrato con la empresa francesa Sogreah. Esta empresa debía estudiar el tema de la energía mareomotriz en la península de Valdez y elaborar un anteproyecto completo que definiera si el emprendimiento era técnica y económicamente posible. La primera parte del informe de Sogreah incluyó reconocimiento y mediciones realizados “in situ”, tanto topográficos, como hidrográficos. La segunda parte del informe comprendió la confección del anteproyecto basado en los datos obtenidos en la primera parte. El anteproyecto elegido por Sogreah fue excavar un canal recto de 3 000 metros de longitud y 292 metros de ancho que uniera el golfo San José con el golfo Nuevo.

Las turbinas proyectadas serían de palas reversibles del tipo bulbo y funcionarían en ambos sentidos de circulación de la corriente, es decir, de marcha reversible. Se preveían 50 grupos de turbinas de 12 000kW cada una, o 60 grupos de 10 000kW u 80 grupos de 7 000kW. En las tres alternativas totalizan cerca de 600 000 kW de potencia y desarrollan una energía de 1 600 a 2 500GWh/año.

H) Año 1959

*Propuesta del ingeniero Loschakoff.*

Propone el cierre de los golfos San José y Nuevo provistos de compuertas que los vincule con mar abierto. En esta forma en uno de los golfos se mantendría el nivel



siempre elevado, mientras que en el otro golfo se mantendría bajo, reponiéndose el agua del golfo de nivel alto con la pleamar por un vertedero que permita el ingreso del agua de mar al golfo.

El golfo de nivel bajo, descargaría el agua al mar a través de una compuerta colocada en su cierre, es decir, las turbinas girarían siempre en el mismo sentido.

Esta propuesta no contempla perjuicios posibles. El cierre de ambos golfos alteraría el desfase de las mareas; provocaría un gran impacto ecológico, por ejemplo, la Isla de los Pájaros en el golfo San José estaría más tiempo inundada y perjudicaría la existencia de las 30 000 aves que viven allí y en ambos golfos; las ballenas no podrían ingresar para reproducirse como lo hacen actualmente.

#### I) Año 1960

*Propuesta del ingeniero Miguel Rodríguez.*

Incluye una serie de disposiciones constructivas, como que el sentido de circulación del agua sea siempre de izquierda a derecha con independencia de las mareas, y crear una represa de reserva para inyectar agua a las turbinas cuando las mareas en ambos golfos se nivelan y no se genera energía.

Potencia estimada: 600 MW, energía de 2.400 a 3.700 GWh/ año.

#### J) Año 1972

*Estudio del ingeniero Fenteloff.*

Propone cerrar la boca del golfo San José e instalar en ella una central mareomotriz de doble sentido de circulación.

#### K) Año 1975

*Ley N° 20.956.*

Fue aprobada por ambas Cámaras legislativas, publicada en el *Boletín Oficial* el 25-6-75. Adjudica el estudio de las mareas en los golfos San José y Nuevo a Agua y Energía Eléctrica y fija un plazo de 3 años para la elaboración de un proyecto ejecutivo. Establece que el inicio de las obras debía comenzar en el año 1978. Pese a todo, esta ley nunca fue cumplida.

#### L) Año 1975

*Esquema propuesto por Agua y Energía.*

Construcción de una central mareomotriz en un canal vinculante excavado entre los golfos San José y Nuevo y de un control de bombeo próximo, elevado sobre el nivel



del mar. Dado el nivel de “esquema” de este trabajo, la recomendación de que será completado con estudios y mediciones más avanzados con miras a lograr un estudio completo de pre factibilidad técnico-económica.

M) Año 1975

*Trabajo del ingeniero Fidel Alsina.*

Con el auspicio de la Fundación Bariloche, el Ing. Fidel Alsina publica un trabajo denominado “*Las mareas y su energía (el caso de la península de Valdez)*”. Este trabajo se basa en los estudios del Ing. Erramouspe (1944) y de Sogreah (1959). Y finalmente expresa que la obra debe solucionar un problema social o una necesidad de desarrollo, y que en consecuencia hay que hacer previamente un profundo estudio político, social y de desarrollo que justifique la inversión que demanda la instalación de la central.

N) Año 1978

*Estudio del ingeniero Antonio P. Federico.*

Publicó en el Boletín del Centro de Estudios de la Energía de la UADE un excelente trabajo denominado: “*Las posibilidades de aprovechamiento mareomotriz en la República Argentina*”. En este trabajo, el Ing. Federico recopiló todos los estudios efectuados hasta esa fecha, expresando que debían ser actualizados debido al gran avance tecnológico que había tenido lugar en los últimos años.

O) Año 1984

*Estudio de los ingenieros Aiskis y Zynglermaris.*

Fue presentado en el primer Congreso Argentino de Ingeniería Oceánica en octubre de 1984. Se vuelca por el cierre del golfo San José. Hace una referencia al costo de la obra (incluidos los intereses del 12 % anual), estimándolo entre u\$s 8.000 y u\$s 8.200 millones, según el tipo de turbinas adoptado y cerca de 20 años de estudios y obras para iniciar la explotación comercial.



## NEGATIVAS A LOS PROYECTOS EN PENÍNSULA DE VALDEZ

### A) Año 1928

*Informe complementario de la Comisión Nacional Honoraria.*

En conclusión, la obra (cierre del golfo San José) no era conveniente por la cantidad de recursos necesarios para efectuarla y por la distancia de las líneas de transmisión a los centros de consumo.

### B) Año 1928

*Estudios del ingeniero Camilo Rodríguez.*

Aconseja desistir de la obra debido a la existencia de hídricos sin explotar en la Patagonia. Señala que el caso de la central mareomotriz de la Rance, en Francia, es distinto, pues aquel país había agotado las posibilidades de explotación fluvial.

### C) Año 1974

*Trabajo del ingeniero Carlos Mari (actualizado en 1984 por el Capitán de Navío López Ambrosioni).*

Desiste de la construcción de una central mareomotriz por su intermitencia en la generación de potencia y por existir la posibilidad de explotación de recursos fluviales. Señala que la intermitencia y variación en la generación de energía requiere que la central mareomotriz esté conectada a una fuente de energía mayor que ella.

### D) Año 1975-1976

*Informe del ingeniero Robert Gilbrat.*

Fue comisionado por el Ministerio de Relaciones Exteriores de Francia para cooperar con nuestro país en el estudio de energía mareomotriz, a pedido de academias y centros locales. A su criterio, los estudios realizados hasta esa época eran insuficientes. Recomienda mayores estudios de mareas en la costa patagónica. También aconseja abrir, si fuera necesario, un canal en el istmo Ameghino, alternativa de bajo costo, ya que las amplitudes de mareas no eran muy grandes, evaluar el costo de la energía producida en esa central y no alterar el ecosistema. Costo estimado de 300 millones de dólares, sin computar los gastos financieros.

### E) Año 1981

*Trabajo de los ingenieros Petroni y Alberto Giménez.*



Sostienen que en el país aún existen recursos hidroeléctricos sin explotar que serían prioritarios. Propone la participación de consultoras nacionales e internacionales para que, en forma continuada, hagan un estudio de pre factibilidad técnico-económica, luego un proyecto licitatorio y finalmente la ejecución de la obra, de duración de seis a siete años, sujeto a la autoridad nacional.

#### F) Año 1986

*Trabajo del ingeniero Armando Sánchez Guzmán.*

Aconseja postergar la ejecución de la obra hasta comienzos del siglo siguiente, luego de haberse ejecutado los más rentables aprovechamientos hidráulicos convencionales existentes en el país. Señala que el limo y los sedimentos que ocasionados por las excavaciones, acumulados en los puntos restrictivos como la entrada y la salida del canal, podrían producir la turbidez del agua y esto afectaría la procreación de ballenas que buscan aguas límpidas para desarrollar su ciclo vital. Y, finalmente, en cualquiera de las soluciones propuestas, propone prever (mediante simulación matemática) el posible asincronismo de las mareas como consecuencia de los trabajos de modificación de la geografía que se introduzcan.

### **4.3. RESUMEN CRONOLÓGICO DE ESTUDIOS**

#### **1. Primera etapa – Años 1915-1928**

- 1.1 Años 1915-1919 – Estudios del Capitán de Fragata José A. Oca Balda.
- 1.2 Año 1922 – Las inquietudes de los ingenieros Damianovich y Besio Moreno.
- 1.3 Años 1923-1925 – Comisión Nacional Honoraria (Decreto Poder Ejecutivo Nacional, 7 de diciembre de 1923).
- 1.4 Año 1928 – Informe de la Comisión Nacional Honoraria.

#### **2. Segunda Etapa – Años 1948-1959**

- 2.1 Año 1948 – Estudios realizados por el ingeniero J.C. Erramuspe.
- 2.2 Años 1949-1950 – Estudios de Agua y Energía Eléctrica. Informe del ingeniero José Richterich.



2.3 Años 1957-1959:

2.3.1 Estudios Sogreah

2.3.2 Solución Loschakoff

2.3.3 Solución del ingeniero M. Rodriguez

### **3. Tercera Etapa – Años 1975-1978**

3.1 Año 1975 –Texto Ley N°20956.

3.2 Año 1975 – Esquema de Agua y Energía Eléctrica.

3.3 Año 1975 – Trabajo de la Fundación Bariloche por el ingeniero Fidel Alsina.

3.4 Año 1975 – Informe de Rubor Gibrat sobre las mareomotrices en Argentina.

3.5 Año 1978 – Trabajo del ingeniero Antonio P . Federico.



## **5. PROYECTOS EN ESTUDIO, DISEÑO O CONSTRUCCIÓN**

El propósito del presente capítulo es enumerar y describir los proyectos en la etapa de estudio diseño o construcción en la República Argentina. Con certeza, la enumeración de los proyectos, el grado de avance o su descripción no está completo. Sin duda, el orden de presentación no refleja el grado de avance ni pondera la importancia o el esfuerzo realizado en cada uno. Aun así constituye un primer borrador en el que esperamos las menciones sean de mayor peso que las omisiones.

### **5.1. PROYECTOS CONOCIDOS**

#### **1. SISTEMAS DE CONVERSORES FLUIDO-DINÁMICOS DE ENERGÍA RENOVABLE PARA LA PATAGONIA, ARGENTINA**

Institución: UACO, UNPA

Participantes: Carlos Labriola y otros.

#### **2. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA UNDIMOTRIZ**

Institución: UTN, FRBA

Participantes: Alejandro Haim, Mario Pelissero, Guillermo Oliveto, Roberto Tula, Mariano Monteneri, Emiliano Cirelli, Federico Muiño, Gustavo De Vita, Francisco Galia, Diego Gagnieri, Macarena Balbiani, Ana Julia Lifschitz, Néstor Ferré.

#### **3. ESTUDIO DEL RECURSO ENERGÉTICO MARINO EN LA PATAGONIA AUSTRAL**

Instituciones: Y-TEC, UTN-FRSC, CENPAT, INVAP, Provincia de Tierra del Fuego, CADIC.

Participantes: Alejandro Bellizi, Norma De Cristofaro, Alberto Keitelman, Jorge Pozzo, Andrés Rivas, Gustavo Seisdedos, Gastón Segura, Juan P. Zagorodny, Gustavo Zubizarreta.

#### **4. PANORAMA ACTUAL DEL RECURSO MAREOMOTRIZ EN EL MUNDO Y EL DESAFIO DEL APROVECHAMIENTO DEL ESTUARIO DE BAHÍA BLANCA**

Institución: UTN, FRBB

Autores: Osvaldo Ruffo, Raúl Dante Triventi, Patricia María Benedetti.

**5. MODULO CONVERTIDOR DE ENERGÍA DE LAS OLAS**

Institución: Desarrollo Privado.

Autor: Alberto Vilar.

**6. DISPOSITIVO CAPTADOR DE ENERGÍAS DE LAS OLAS**

Institución: Desarrollo Privado (Pilar – Provincia de Buenos Aires).

Autores: Javier Themtham, Luis Kayayán y Alfredo Soto.

**7. COLUMNA DE AGUA OSCILANTE (CAO) Y TURBINA AXIAL DE FLUJO REVERSIBLE (TAFRE).**

Institución: Universidad Nacional de La Plata, Instituto Superior de Ingeniería de Toulon y Var (ISITV –Francia).

Autores: Ingeniero Camilo Rodriguez, Dr. Daniel Fruman, Ingeniero Guillermo Céspedes, Ingeniero Carlos Tedesco.

**8. SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍAS EN BASE A LAS MAREAS OCEÁNICAS**

Institución: Desarrollo Privado (Puerto Deseado).

Autor: Patricio Bilancioni.

**9. DESARROLLO DE TURBINA HIDROCINÉTICA PARA APROVECHAMIENTO DE LAS CORRIENTES DE MAREAS.**

Institución: Área Ingeniería del INVAP.

Autor: Ingeniero Alfredo Carlos De Nápoli.

## 5.2. DESCRIPCION DE LOS PROYECTOS RELEVADOS

- **SISTEMAS DE CONVERSORES FLUIDO-DINÁMICOS DE ENERGÍA RENOVABLE PARA LA PATAGONIA, ARGENTINA (29B-163, de la UACO UNPA)**

**Institución:** UACO UNPA

**Participantes:** Carlos Labriola y otros.

Este proyecto es la continuación del PI 29-B125: “Análisis de sistema de conversores fluido-dinámicos de energía renovable para la Patagonia Austral de Argentina”. En dicho proyecto se analizaron los recursos oceánicos de las corrientes marinas y undimotriz a macroescala, además de haberse desarrollados modelos de conversores de energía de las corrientes marinas y de las olas para estudio y posterior dimensionamiento de prototipos de aplicación de dichas fuentes. Este nuevo proyecto propone construir modelos, ensayarlos y dimensionar prototipos en base a los parámetros de ensayo para aplicaciones concretas en la Patagonia.

El tamaño de los modelos, según las pautas de escalado, nos dará el tamaño de prototipo a dimensionar. En nuestro caso, los modelos serán en la gama de 1 a 5 kW de potencia. Estos, a su vez, pueden ser modelos de prototipos más grandes (50 a 250 kW). El proyecto se desarrollará en tres líneas de investigación:

- \* Estudio de los recursos de corrientes marinas y undimotriz a microescala en lugares posibles de aprovechamiento oceánico en base a datos existentes
- \* Ensayo de modelos con posterior desarrollo de prototipos para la obtención de parámetros significativos para el escalado a potencias superiores.
- \* Integración con otras fuentes de energía renovable: solar (existente UACO) y eólica (a implementar en UACO, mediante PICTO 2010). El ensayo de los modelos puede ser mediante *software*. En caso de obtener subsidios suficientes, se construirán y se ensayarán en bancos de prueba apropiados o *in situ*, si es posible en los lugares definidos para su aplicación.

- **APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA UNDIMOTRIZ**

**Institución:** UTN FRBA

**Participantes:** Alejandro Haim, Mario Pelissero, Guillermo Oliveto, Roberto Tula, Mariano Monteneri, Emiliano Cirelli, Federico Muiño, Gustavo De Vita, Francisco Galia, Diego Gagnieri, Macarena Balbiani, Ana Julia Lifschitz, Néstor Ferré.



Luego de cinco años de investigación, desarrollo e innovación, se logró plasmar el trabajo realizado en una patente donde se describe el sistema mecánico-eléctrico para la captación de la energía contenida en las ondas marinas. Además, se ha construido un generador de imanes permanente y dos prototipos en escala 1:20 y 1:10, este último va a ser probado en el canal de olas del Instituto Nacional del Agua en Buenos Aires. Durante 2015, se trabajará para el diseño y desarrollo del equipo a escala 1:1 para su futura instalación en la escollera del Puerto de Quequén. El dispositivo tiene la particularidad de que todo el sistema electromecánico se encuentra por encima de la superficie del mar, lo que beneficia su mantenimiento, además de que todo el sistema se encuentra sellado y aislado de la corrosión marina. El equipo puede ser instalado *off shore* (costa afuera), o también en estructuras existentes como escolleras y muelles.

Sobre la base del importante recurso energético que contamos en nuestro país y los resultados obtenidos por este grupo de investigación, el aprovechamiento del recurso con tecnología propia aparece como una realidad sustentable para la generación de energía eléctrica.<sup>86</sup>



➤ “ESTUDIO DEL RECURSO ENERGÉTICO MARINO EN LA PATAGONIA AUSTRAL”

**Instituciones:** Y-TEC, UTN-FRSC, CENPAT, INVAP, Prov, Tierra del Fuego, CADIC.

**Participantes:** Alejandro Bellizi, Norma De Cristofaro, Alberto Keitelman, Jorge Pozzo, Andrés Rivas, Gustavo Seisdedos, Gastón Segura, Juan P. Zagorodny, Gustavo Zubizarreta.

---

<sup>86</sup> <http://www.mecanica.frba.utn.edu.ar/energiaundimotriz/>



En este proyecto se propone el estudio del potencial de las costas del Sur de la Provincia de Santa Cruz originadas en las diferencias de energía potencial que producen las mareas y las corrientes. Luego, se evaluará la factibilidad de pasar a la construcción de prototipos de centrales pequeñas con el objeto de aprovechar esas fuentes de energía y así recabar información sobre su factibilidad técnico-económica.

Por un lado, se propone una campaña de medición de datos climatológicos y oceanográficos mediante dos boyas especiales, ubicadas en lugares estratégicos: una en la desembocadura del Río Gallegos y la otra en la entrada del Estrecho de Magallanes. Por otro lado, se propone también el desarrollo y construcción de dos turbinas hidrocinéticas, aptas para dichos emplazamientos, con las estructuras de sostén y/o canalización de agua adecuadas. Adicionalmente, el proyecto propone el estudio de la durabilidad y corrosión de los materiales a ser usados en las turbinas y el análisis de los posibles impactos ambientales de dichas instalaciones en la flora y fauna marinas del lugar.

El trabajo de recolección y análisis de datos, provenientes de los sensores tanto de las boyas como de las turbinas, será emprendido en conjunto entre personal de Geofísica de YPF y grupos de I+D de la UTN Facultad Regional Río Gallegos (UTN-RG). Los estudios de la corrosión y la durabilidad de los materiales serán llevados a cabo en conjunto por personal de Y-TEC y de UTN-FRSC. El estudio de los impactos ambientales, será emprendido por personal de la Fundación UTN y otros expertos.

En síntesis, el proyecto busca, entre sus objetivos, la adquisición de datos fundamentales para asegurar la factibilidad económica de este tipo de energías del mar, y la ampliación de capacidades de I+D, académicas y de RRHH en zonas remotas de nuestro país, y contribuir a la federalización de la Ciencia y la Tecnología, en línea con las políticas de impulsadas actualmente por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación.

#### INTERESADOS Y PARTICIPANTES:

YPF Tecnología S.A. (“Y-TEC”), empresa mixta: 51% YPF + 49% CONICET.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Río Gallegos, Santa Cruz. (“UTN-FRSC”).

INVAP Ingeniería S.A., empresa de la Prov. de Río Negro.

Centro Nacional Patagónico (CENPAT), CONICET, Puerto Madryn.

Provincia de Tierra del Fuego.



## OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE ESTE PROYECTO:

Realizar una campaña de medición, de dos años de duración, para recolectar datos climatológicos y oceanográficos mediante dos boyas especiales propiedad de YPF, a ser ubicadas una en la desembocadura del Río Gallegos, y la otra en una zona del Estrecho de Magallanes.

Recolectar los datos mediante transmisión satelital a los centros de I+D y realizar su análisis y validación.

Desarrollar y fabricar dos turbinas específicamente diseñadas para esos dos sitios, construir las estructuras de sostén adecuadas para las turbinas, y realizar su montaje.

Formar RRHH para la ingeniería, el monitoreo y la manutención de todos los equipamientos involucrados.

Estudiar los impactos ambientales sobre la flora y fauna marina y el paisaje costero, mediante la participación de especialistas ambientales y biólogos marinos con experiencia en las zonas en cuestión.

Estudiar la corrosión en los elementos que conformarán la turbina, mediante ensayos sobre probetas de sus materiales montadas en las boyas y luego en las estructuras de sostén de las turbinas.

Generar electricidad mediante dichas turbinas, acondicionar instalaciones necesarias para la transmisión segura de la energía a tierra firme, y estudiar los detalles de disponibilidad de la energía eléctrica generada.

Con todo lo anterior cumplido, concluir en estudios de factibilidad económica de emprendimientos mareomotrices a escala mayor.





➤ **PANORAMA ACTUAL DEL RECURSO MAREOMOTRIZ EN EL MUNDO Y EL DESAFIO DEL APROVECHAMIENTO DEL ESTUARIO DE BAHÍA BLANCA**

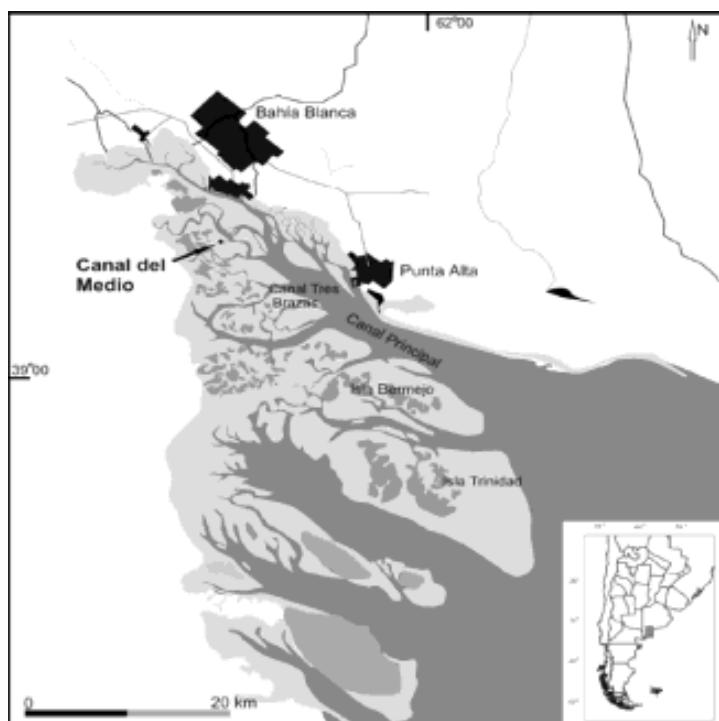
Osvaldo Ruffo, Raúl Dante Triventí, Patricia María Benedetti.

Universidad Tecnológica Nacional, Regional Bahía Blanca

11 de Abril 461 – Bahía Blanca – Provincia de Buenos Aires – Argentina – CP8000

ruffosur@yahoo.com.ar rtrivent@frbb.utn.edu.ar pbenedet@criba.edu.ar

En el presente trabajo, se brinda un panorama a nivel global del aprovechamiento del recurso (clasificados de acuerdo a la tecnología utilizada); se da cuenta de los principales emprendimientos, a nivel de desarrollos o de obras en proyecto o realizadas; se advierte una gran diversidad en los dispositivos utilizados para captar la energía del mar. En base al interés que esta tecnología despierta a nivel global, se propone encarar el estudio del aprovechamiento de las mareas presentes en el Estuario de Bahía Blanca y se dan las bases para el diseño de un dispositivo adaptado específicamente a este recurso.





## ➤ MÓDULO CONVERTIDOR DE ENERGÍA DE OLAS

Técnico mecánico: Alberto Vilar.

El presente trabajo está centrado en la extracción de energía de las olas. Debido a sus características intrínsecas, implican un trabajo que debe resolver una variedad de problemas ajenos al resto de las opciones citadas, e inclusive de otras energías alternativas más desarrolladas.

Objetivos: Desarrollar un método o mecanismo lo suficientemente flexible para manejar la totalidad de las características del recurso, tratando de lograr mediante un despliegue de módulos convertidores de energía de olas, transformando la energía de éstas en presión, dentro de un circuito hidráulico que moverá una turbina acoplada a un generador.

Se recurre a un modelo convertidor que transforma la energía undimotriz (cinética y potencial simultáneamente) en energía de presión en un recipiente. La presión, regulada, ingresa a un sistema hidráulico convencional turbina/generador donde finaliza la etapa de conversión.

Con este diseño de convertidor se trata de simplificar la transformación de energía y, a la vez, ayudar a lograr que el acceso para el mantenimiento en el sitio de la locación sea viable. También el diseño permite ajustarlo a los parámetros de un espectro o corregir pequeños desajustes. Como condición importante, se subraya que, en el modelo presente, una parte del proceso de transformación se realiza sobre la superficie del agua y otra en una plataforma elevada por sobre ella o en tierra.

## ➤ DISPOSITIVO CAPTADOR DE ENERGÍAS DE LAS OLAS<sup>87</sup>

Institución: Desarrollo Privado (Pilar – Prov. Bs As).

Autores: Javier Themtham, Luis Kayayán y Alfredo Soto.



<sup>87</sup>[http://nuestromar.com/noticias/energia\\_y\\_minerales\\_022009\\_22208\\_presentan\\_proyecto\\_a\\_la\\_provincia\\_para\\_gen  
erar\\_e](http://nuestromar.com/noticias/energia_y_minerales_022009_22208_presentan_proyecto_a_la_provincia_para_generar_e)



El sistema consiste en aprovechar el movimiento ondulatorio del mar que actúa sobre una boyas de libre flotación, sin mecanismos ni partes eléctricas, electrónicas o hidráulicas ancladas al fondo marino. En las pruebas de laboratorio, los técnicos ensayaron modelos a escala y verificaron los principios de funcionamiento del sistema mediante el empleo de un simulador de ola simple que se construyó para tal fin. El objetivo es abastecer energéticamente a costaneras o muelles.

➤ **COLUMNA DE AGUA OSCILANTE (CAO) Y TURBINA AXIAL DE FLUJO REVERSIBLE (TAFRE).**

Institución: Universidad Nacional de La Plata, Instituto Superior de Ingeniería de Toulon y Var (ISITV –Francia).

Autores: ingeniero Camilo Rodriguez, doctor Daniel Fruman, ingeniero Guillermo Céspedes, ingeniero Carlos Tedesco.

A principios de 1994, el grupo de la cátedra de Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas concibió la idea de ensayar un modelo de Columna de Agua Oscilante (CAO) y Turbina Axial de Flujo Reversible (TAFRE) en un canal de olas de 1,50 m de ancho y 1 m de profundidad del Laboratorio Guillermo C. Céspedes de la Universidad.

**TURBINA AXIAL DE FLUJO REVERSIBLE (TAFRE)**

La finalidad de la TAFRE es aprovechar la energía generada por el movimiento de las olas del mar, mediante el desarrollo de una turbina que genere energía mediante la rotación producida por el movimiento de flujo y reflujo de la marea. Los exhaustivos ensayos, realizados en un laboratorio francés en 2003, corroboraron el funcionamiento del modelo e hicieron factible un ofrecimiento que contemplaba la instalación de la turbina en la isla de Córcega, lo que luego se frustró por razones externas relativas a la política de ese lugar. En nuestro país podría utilizarse al sur de las costas de Mar del Plata.



➤ **SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍAS EN BASE A LAS MAREAS OCEÁNICAS**

Institución: Desarrollo Privado (Puerto Deseado).

Autor: Patricio Bilancioni.

El sistema de generación de energía a través de las mareas es muy similar al empleado en las plantas hidroeléctricas, excepto que el agua no fluye en un solo sentido, sino que utiliza tanto el flujo como el reflujo. A diferencia de los tradicionales dispositivos mareomotrices, este sistema no requiere turbinado y funciona las 24 horas. Tampoco requiere ningún tipo de combustible para ponerse en marcha, no produce impacto visual ni ambiental y es 100% ecológico, dado que no afecta la flora ni la fauna.

El sistema puede instalarse sobre tierra firme en cualquier lugar de la costa con mareas adecuadas y funciona sobre la base de un reservorio que se llena durante el ascenso de la marea. Este llenado hace que las cubas o ascensores (montados sobre cilindros oleohidráulicos) desciendan a una velocidad determinada y originen una energía de presión que hace funcionar un motor hidráulico y un generador/alternador. Luego, el flujo hidráulico sigue su curso hasta la base de la cuba o ascensor gemelo, al lograr su ascenso, lo pone en posición de carga. De esta forma, se origina un movimiento constante durante las 24 horas.

➤ **DESARROLLO DE TURBINA HIDROCINÉTICA PARA APROVECHAMIENTO DE LAS CORRIENTES DE MAREAS<sup>88</sup>**

Institución: Área Ingeniería del INVAP.

Autor: Ingeniero Alfredo Carlos De Nápoli.

Esta turbina o generador sumergido cuenta con un canalizador de flujo que acelera localmente la corriente de agua para lograr velocidades adecuadas para generar energía. Si bien este desarrollo guarda ciertas similitudes con algunos de los principios básicos de nuestros aerogeneradores, los perfiles de las palas hidráulicas difieren de los eólicos.

Por su parte, el rotor es de paso fijo, acoplado directamente a un generador multipolo de imán permanente, capaz de generar en tensión y frecuencia variables.

---

<sup>88</sup> <http://www.invap.com.ar/es/2014-05-12-14-44-54/proyectos/turbina-hidrocinetica.html>



Cuenta además con la electrónica de potencia necesaria para entregar corriente alterna 220/380V – 50 Hz.

Durante la etapa de desarrollo de este producto, INVAP ha diseñado y fabricado un rotor en tamaño subescala (del orden de 1 kW), para luego ensayarlo en un flujo de agua libre (en río, sin venturi canalizador de flujo) con el objeto de caracterizar el rotor en condiciones de flujo no perturbado, lo más laminar posible.

Una vez ensayado y caracterizado este rotor, se simulan distintas versiones de venturi mediante fluidodinámico computacional CFD (por sus siglas en inglés) a fin de obtener un diseño eficiente del conjunto venturi-rotor que resulte convincente desde el punto de vista constructivo y de operación.



Luego, se diseña y fabrica el primer prototipo con un tamaño de rotor-generador de unos 4,5 kW, con rotores gemelos, apropiado para cursos de agua con poca profundidad. De esta manera, se obtiene así una potencia final de entre 9 y 10 kW por unidad, que es en sí misma uno de los dos modelos comerciales de menor potencia dentro de la gama de turbinas prevista.

A continuación, el conjunto Rotor-Venturi-Generador, de unos 30 kW de potencia unitaria, constituye un módulo de media potencia apto para utilizar en los modelos de turbina de 30, 60 y 90 kW, potencia que se logra al colocar uno, dos o tres rotores gemelos.

El objetivo final de INVAP es ofrecer turbinas comerciales de distintas potencias, en un rango bastante amplio, de acuerdo a cada necesidad y a las características de los diferentes cursos de agua aprovechables, con la intención de llegar en un futuro cercano a máquinas que superen 1MW para ser utilizados en aplicaciones mareomotrices.



## OTROS PROYECTOS Y ARTÍCULOS PERIODÍSTICOS PUBLICADOS.

Además de los proyectos vigentes relevados y descriptos en las páginas anteriores, se han publicado numerosos artículos periodísticos, con distinto grado de elaboración. Se presenta un resumen de aquellos que se han considerado relevantes.

### ➤ Proyectos De Energía Mareomotriz – Ingeniero Jorge Elías

Autor: Jorge Elías – 2009.

Objetivos generales:

- Emplear y ahorrar en la adquisición de combustibles fósiles, lo que a largo plazo permitiría que la obra se amortice sola.
- Proporcionar energía eléctrica de origen renovable.
- Contar con energía no contaminante, silenciosa, de bajo costo de materia prima.
- Realizar interconexiones al sistema nacional disminuiría la dependencia de la amplitud de mareas, que este disponible en cualquier clima y época del año.



## PUERTO DESEADO

Proyecto: Construcción de una usina mareomotriz en Puerto Deseado.

Fundamentos: Puerto Deseado es una ciudad y puerto pesquero en la Patagonia, en la provincia de Santa Cruz, Argentina, sobre la ría del río Deseado en la provincia de Santa Cruz.

Lugar: Provincia. de Santa Cruz, Puerto Deseado, desembocadura de la Ría Deseado.

El río nace en el Lago Buenos Aires y viaja 615 km a través de la Patagonia para morir en el Océano Atlántico. Esta desembocadura genera, como resultado, la formación de la Ría Deseado, estuario con gran importancia biológica declarado Reserva Natural Provincial. La ría es un río que abandonó su cauce y este fue ocupado por el mar. Es la única en Sudamérica.



La marea oceánica influye hasta aproximadamente 40 km de lo que sería la boca del río. Este accidente geográfico que se produce sobre el río Deseado ha erosionado a lo largo de siglos la meseta que la rodea.



## RÍO GRANDE<sup>89</sup>

Proyecto: Construcción de una usina mareomotriz en Río Grande.

Fundamentación: El Río Grande presenta las condiciones necesarias para la instalación de una usina mareomotriz gracias a la existencia de un estuario. La amplitud de las mareas es de > 5 metros, una velocidad mínima de la marea de 4 m/seg. y la necesidad de poseer un caudal continuo para aprovechar a pleno este tipo de generación. Se propone reemplazar la usina termoeléctrica de la ciudad, alimentada por gas natural y que genera efecto invernadero y deterioro del medio ambiente.

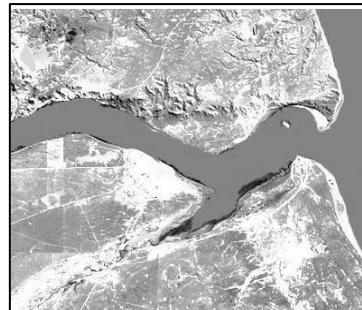


Lugar: La ubicación de las turbinas debería darse en el encuentro del mar con el río, donde el flujo y reflujo sea más marcado, especialmente en su margen sur, donde existe una infraestructura básica para su construcción y en donde no afectaría ecológicamente a la zona.

Características generales: La ciudad de Río Grande está frente a un estuario natural (desembocadura de un río en la que el agua del mar penetra tierra adentro) formado por la desembocadura de Río Grande al Mar argentino. Esta masa líquida que sube río arriba (pleamar) y baja cada seis horas (bajamar) posee un potencial energético aún no explotado, como en otros lugares del mundo. Nuestro río se denomina Grande, por el caudal importante de agua que posee durante todo el año.

## RÍO GALLEGOS<sup>90</sup>

Proyecto: Construcción de una usina mareomotriz en Río Gallegos.



Fundamentación: El litoral marítimo argentino ofrece, entre los 42 y 52 grados de latitud sur, amplitudes de mareas que llegan a los 11 metros en el estuario del río Gallegos y 10 metros en San Antonio. La necesidad de buscar nuevas fuentes energéticas naturales para disminuir el efecto invernadero y ahorrar combustibles fósiles nos obliga a desarrollar nuevas tecnologías de captación. Dadas las grandes variaciones de la marea de la ría de Gallegos, el emplazamiento deberá estar ubicado en su desembocadura para aprovechar la extraordinaria variación de las mismas lo que proporcionaría un excelente caudal de energía mareoeléctrica.

<sup>89</sup> <http://www.monografias.com/> - Raúl Villegas

República Argentina Provincia de Tierra del Fuego Antártida e Islas del Atlántico sur, Río Grande.  
<http://www.gia-energias.com.ar/mareomotriz.htm>

<sup>90</sup> <http://www.antoniocafiero.com.ar/html/Proyectosdecomunicacion/proyectosdecomunicacion1994/31-08-94.htm> - Energías Renovables - Energía de los Océanos por el Arq. Carlos Luna Pont



Lugar: El río Gallegos es un cauce fluvial de la provincia argentina de Santa Cruz, en cuyo estuario se ubica la ciudad de Río Gallegos, capital provincial. Tiene una longitud de unos 300 km. El río nace en la confluencia de los ríos Rubens y Penitentes y recibe como sus afluentes a los ríos Turbio, Condor y Zurdo. En sus primeros tramos, cruza un profundo cañón, en que destaca la presencia de géiseres. Corre hacia el este, y luego de 180 km se llega a las costas del Mar Argentino. Durante la estación seca, el río reduce drásticamente su caudal.

### ➤ Entrevista al ingeniero Carlos Tedesco<sup>91</sup>

La Cátedra de Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata investiga las posibilidades del aprovechamiento de las olas del mar para la producción de energía. Los primeros antecedentes del planteo de una idea concreta para aprovechar la energía de las olas se remontan a fines del siglo XVIII. Recientemente se sucedieron la balsa articulada de Cockerell ensayada en Loch Ness, el "nodding duck" del profesor Salter, el "cilindro de Bristol", la "bolsa flexible de Lancaster", y la CAO, "columna de agua oscilante".

¿Es posible competir con la energía eólica? El ingeniero Tedesco asegura que sí: un sistema interconectado no puede tener más de un diez por ciento de energía eólica de su potencia total despachada, por su carácter aleatorio. Tiene que tener una reserva "caliente". Pero olas prácticamente hay los 365 días del año, de modo que se puede tener una potencia disponible asegurada, sin mayores inconvenientes.

Aparte de su incorporación a un sistema interconectado, la obtención de energía a partir de las olas ofrece diversas oportunidades de aplicaciones. El aprovechamiento de esta fuente de energía podría tener innumerables utilizaciones, tanto como pueda desplegarse la imaginación de las personas que lo apliquen.

### ➤ Proyecto de ENARSA

El Área de Energías Renovables de ENARSA<sup>92</sup> ha comenzado los estudios preliminares para el desarrollo de proyectos de energía mareomotriz en la cuenca atlántica de la Provincia de Santa Cruz, una de las zonas del mundo con mayor amplitud de mareas.

En el transcurso del año 2011, ENARSA firmó un Memorando de Entendimiento, Cooperación y Confidencialidad, con la empresa rusa RusHydro ("Empresa Federal de Generación Hidroeléctrica") que es la principal compañía rusa de generación de energía y la segunda en el mundo en las capacidades instaladas de generación hidroeléctrica. Es, además, la compañía líder en Rusia en la producción de energía a partir de fuentes renovables. Se prevé un potencial de generación eléctrica de

<sup>91</sup> UNICA, ingeniero Gustavo A. VATER, Corresponsal Seccional Buenos Aires, Buenos Aires, 28 de febrero 2005

<sup>92</sup> Marine Renewable Energy, viernes 27 de enero de 2012, 17:07



aproximadamente 1000 MW entre los tres diferentes puntos visitados en el estuario del río Santa Cruz, el estuario del río Gallegos y el de Puerto Deseado.

### ➤ **El mar como fuente de energía eléctrica renovable<sup>93</sup>**

Hay tres regiones en el mundo que son las más aptas para generar energía mareomotriz: la costa norte de Australia, la del Mar Amarillo en Corea, y la costa de la Patagonia argentina. Zonas puntuales como San Julián, Puerto Santa Cruz y Río Gallegos en Santa Cruz, o los golfos Nuevo y San José, en Chubut, cuentan con una amplitud de mareas únicas para la generación de energía eléctrica. Según estudios recientes, en el país existe un potencial teórico de hasta 40.000 MW de energía mareomotriz. A modo de comparación, la central atómica Atucha II, que está en prueba, y que tantos millones de dólares costó, aportará 692 MW

### ➤ **¿Por qué Argentina tiene que alcanzar el 8% en renovables?<sup>94</sup>**

Desde 1998, existen marcos jurídicos de apoyo y promoción a las energías renovables en el país, pero, por diferentes razones (o falta de interés), se mostraron insuficientes. En 2006, se sancionó la Ley Nacional 26.190 para complementar la Ley 25.19 y con la particularidad de incluir a las energías eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, hidráulica, la biomasa y el biogás de diferentes orígenes. Esta Ley fijó un objetivo claro: para 2016, el 8% del consumo eléctrico local deberá ser abastecido con fuentes de energías renovables. Si bien la ley estableció un régimen de inversiones con beneficios fiscales a la producción eléctrica renovable, recién se reglamentó en 2009 y algunas de sus medidas aún no se pusieron en marcha. Estamos a dos años de la fecha límite establecida, y sólo el 1,4% del consumo local proviene de renovables.

### ➤ **Presentan proyecto a la Provincia para generar energía mareomotriz (Chubut)<sup>95</sup>**

Javier Themtham, Luis Kayayán y Alfredo Soto son tres técnicos que han elaborado un sistema para generar energía mareomotriz. El proyecto «Undimotriz» (patente 070104994) funciona con el movimiento de las olas del mar, y se proyecta instalar el equipamiento en la zona costera, a muy bajo costo, para generar el beneficio de una energía eléctrica limpia. El prototipo desarrollado generó 6 volts constantes. Themtham indicó que el invento produciría energía “renovable, inagotable y económica.” El proyecto emplea un elemento flotante o boyo accionada por los desniveles instantáneos de las olas, pero que por su principio de funcionamiento, permite adecuarse a los notables cambios de nivel que posee la superficie marina entre bajamar y altamar.

<sup>93</sup> Rodrigo Herrera Vegas para La Nación.

<sup>94</sup> R. Herrera Vegas, *op. cit.*, 11 de abril de 2014.

<sup>95</sup> 23/02/09 - EL CHUBUT



➤ **Energía mareomotriz: una opción natural<sup>96</sup>**

Santa Cruz tiene como objetivo generar energía. Para eso, la provincia aspira generar unos 2.300 megas en pocos años con lo obtenido de las represas sobre el río Santa Cruz; la usina a carbón de Río Turbio y los emprendimientos eólicos en el norte provincial. Actualmente, se sumó (aunque en etapa de iniciar el estudio de factibilidad) la posibilidad de generar en las costas santacruceñas, lo que se conoce con el nombre de energía mareomotriz, que podría aportar unos 500 MW de potencia de máxima.

La información fue confirmada ayer a Tiempo Sur por el ministro de la Producción, quien se reunió con el responsable de la Dirección Nacional de Relaciones Internacionales del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación. Ambos recibieron a un funcionario del Instituto de Investigación y Desarrollo Oceánicos de Corea.

➤ **Energía mareomotriz – Turbina argentina para la energía mareomotriz<sup>97</sup>**

Desde La Plata, un grupo de investigadores locales ha desarrollado un nuevo método basado en una "Turbina Axial de Flujo Reversible" (TAFRE), cuya finalidad es justamente aprovechar la energía generada por el movimiento de las olas del mar. El ingeniero Carlos Tedesco, docente de la Universidad de La Plata, explicó que "El desafío de desarrollar una turbina que se sirva de las olas del mar y genere energía mediante la rotación producida por el movimiento de flujo y reflujo de la marea comenzó como una discusión de cátedra. Fue en el año 1994, cuando el ingeniero Camilo Rodríguez (profesor emérito extraordinario de la UNLP y Premio Nacional de ingeniería en el año 2000 por sus trabajos de investigación en energía de olas) llegó a clase y tras deslizar una pregunta en voz alta, planteó la duda acerca de las posibilidades de concretar una idea de esas características."

➤ **Proyecto Mareomotriz - Energía de Mar para Tierra del Fuego**

Amplitud: De acuerdo a las tablas de mareas del puerto de Río Grande obtenidas en la Prefectura Naval Argentina sacamos el promedio de marea por día, por mes y por año dandonos una media de 5,90 m, por ejemplo para el día 23/05/2006.

Velocidad: Según datos del Servicio de Hidrografía Naval, la velocidad del Río Grande es de 4 metros/segundo, o 15 km/hora.

<sup>96</sup> 17/03/2010, 19:55. TIEMPO SUR

<sup>97</sup> 02-06-2009; [www.panoramaenergetico.com](http://www.panoramaenergetico.com)



**Caudal:** De acuerdo con las mediciones efectuadas por la Dirección de Hidrografía, se han efectuado aforos desde el año 1994 hasta fines del 2005, con caudales en el Río Grande, a la altura de la estancia María Behety, que van de los 8,26 a los 100,18 m<sup>3</sup>/segundo, con un promedio de 17.46m<sup>3</sup>/seg.

Por lo tanto, se concluye que existen amplitud, velocidad y caudal suficientes para este proyecto.

➤ **Presentaron un proyecto argentino para aprovechar la energía del mar<sup>98</sup>**

El investigador santacruceño Patricio Bilancioni presentó recientemente en Tecnópolis el proyecto Sistema de Generación de Energía a través de las Mareas Oceánicas. Este proyecto consiste en un sistema mareomotriz no tradicional para trabajar en tierra firme y que no necesita ni estuarios, ni ninguna reserva especial. Por lo tanto, puede instalarse en cualquier lugar de la costa. Específico:

El funcionamiento sería el siguiente: al subir la marea, el agua quedaría atrapada en una pileta instalada en tierra firme. En la pileta habría dos cubas, montadas sobre cilindros oleohidráulicos (que funcionan, como lo dice su nombre, con aceite). Una estaría en el piso y la otra en el borde del agua. Al llenarse la superior, elevaría la cuba vacía. Al descender la que está llena, hace correr un flujo de aceite a presión que mueve un motor hidráulico, produciendo la electricidad. Ese aceite que pasó por el motor, no sale nunca del circuito, en un proceso que se repite las 24 horas, a diferencia de los sistemas comunes que generan energía 12 horas diarias.



---

<sup>98</sup> Exposición Innovar; 12 hasta el 15 de octubre.



## SECCIÓN IV

## CONCLUSIONES

El GEMA se ha constituido para facilitar la comunicación entre los estudiosos de la energía marina en los ámbitos de la ciencia y de la técnica. Este catálogo es fruto del trabajo conjunto de sus miembros, que lo concibieron como una herramienta con aquel fin.

Los aspectos teóricos básicos de la energía marina se conocen desde hace mucho tiempo, pero tal circunstancia no obsta a nuevos avances. Pensemos solamente en el ejemplo del aprovechamiento de las diferencias en el gradiente salino de las aguas del mar y de las aguas dulces de los ríos para generar electricidad. Sin perjuicio de que haya aplicaciones intuitivas de ciertos principios físicos, como es el caso citado previamente de la rueda de un molino impulsada por la energía hidráulica proveniente de las mareas, que es previo a que Newton en el siglo XVII sentara las bases de la física que ataña a las energías potencial y cinética que intervenían en el trabajo de la rueda, es probable que en la mayoría de los casos las aplicaciones prácticas sean posteriores al desarrollo de la teoría. Esto es lo que ocurrió, por ejemplo, con los aprovechamientos basados en las diferencias en el gradiente salino señaladas más arriba. Esas diferencias generan una presión osmótica, que es la que ejercen las partículas de un disolvente en una solución sobre una membrana semipermeable que la separa de otra de mayor concentración. La percepción de que este fenómeno podía usarse para generar electricidad fue posterior a que J.H van't Hoff estudiara el ámbito teórico de la presión osmótica a finales del siglo XIX. Así las cosas, no debe dejarse de lado el estudio de la física porque ésta puede dar origen a nuevas aplicaciones prácticas.

Aunque relativamente incipiente, el desarrollo tecnológico para aprovechar la energía marina en Argentina es auspicioso, pues conviene al interés de la sociedad que se exploren todas las formas sostenibles de robustecer el bienestar general, uno de cuyos puntales es una economía sana. En este sentido débese tener presente que la energía marina es un recurso que, mediante la investigación y el desarrollo fecundos, puede convertirse en una fuente de energía eléctrica económica, además de intrínsecamente saludable por la baja contaminación que trae aparejada.

La recomendación implícita en el quehacer del GEMA es que sus miembros y colaboradores refuerzen el vínculo ora iniciado usando la intercomunicación para hacer más eficaz el esfuerzo de las instituciones, las empresas y las personas involucradas en la investigación y desarrollo de proyectos para aprovechar la energía marina. Ese esfuerzo, además de propender al bienestar general, tiene un fin pragmático más



próximo, que se deriva de reconocer que sólo la participación activa y el trabajo concomitante generan el conocimiento, la experiencia y la confianza necesarios para que el aprovechamiento de los avances tecnológicos sea efectivo, independiente y oportuno.



## **SECCIÓN V**

### **ANEXOS**

- I      Acta Constitutiva del GEMA – 2014
- II     Opiniones y comentarios recibidos
- III    Invitación a integrar el GEMA
- IV    Pautas para una Política Oceánica Nacional para la República Argentina.  
Academia del Mar – 2012





## ANEXO I

### ACTA CONSTITUTIVA DEL GEMA- 2014

**GEMA**  
**GRUPO DE INTERES EN**  
**ENERGIAS DEL MAR ARGENTINO**

Acta Constitutiva

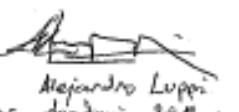
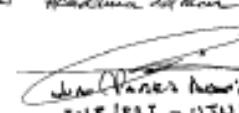
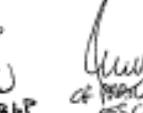
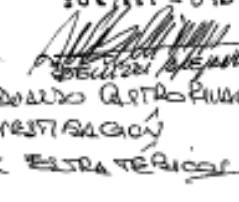
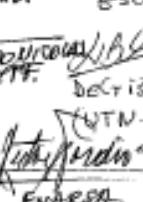
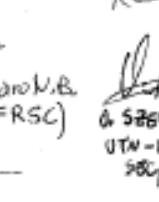
Martes 15 de Abril de 2014

El Grupo GEMA es una iniciativa de la Academia del Mar, que tiene por objetivo constituir un grupo de interés, establecer una red informal de contactos, que vincule a los especialistas, instituciones, y organizaciones que estén trabajando o estudiando el tema de Energía del Mar, especialmente mareas, corrientes y olas, con el objeto de recopilar experiencias en Argentina, y elaborar como primer tarea un catálogo de grupos de estudios, instituciones, profesionales interesados, iniciativas y proyectos referidos a Energías del Mar Argentino.

El carácter de informal de la red de contactos del GEMA tiene como propósito facilitar la participación plena de los especialistas sin comprometer a las instituciones a las que pertenezcan, es decir los participantes podrán invocar o no su pertenencia a determinada institución sin que ello implique necesariamente que ejeran su representación. Cuando alguna iniciativa de GEMA requiera apoyo institucional formal y manifiesto se solicitará por los canales correspondientes a las Instituciones Convocadas.

El GEMA es de carácter abierto, participativo e informal con lo que cada integrante puede y debe incorporar nuevos miembros. El Grupo Coordinador del GEMA se reserva el derecho de remoción de los miembros cuando existan razones fundadas y demostrables que la participación de un integrante es incompatible con el objeto y propósito del GEMA.

El Grupo Coordinador estará constituido inicialmente por el Grupo Constitutivo integrado por los siguientes especialistas (Las instituciones son mencionadas como vínculo de pertenencia y no como ejercicio de representación)

 Daniel Paredes UTN FRBA	 Alejandro Luppi Academia del Mar	 ZAGRODNY Y-TEC	 HAIM Alejandro UTN - FRBA
 Juan Jose	 Daniel Paredes UTN FRBA	 Marcelo Bonacelli ESCM	 Cesar Paez ESNT
 Glete (RE)	 Eduardo Gómez Piumi SEDE INVESTIGACIONES ESTIMOS EXTRATERRESTRES	 Daniel Paredes UTN - FRSC	 Silviano UTN - FRSC SECYT

2014





## **ANEXO II**

### **OPINIONES Y COMENTARIOS RECIBIDOS**

#### **1. COMENTARIO ENVIADO POR UNO DE LOS AUTORES DEL CATÁLOGO**

Hay un desconocimiento y una falta de conciencia acerca del descuido de los intereses marítimos por parte de la nación. Cuando decimos nación nos referimos al sentido extenso del término: un pueblo, una cultura, un idioma, incluyendo sus comidas por ejemplo. El sólo análisis de la conformación de la alimentación cotidiana del argentino típico muestra que el consumo de pescados y frutos del mar constituye una rareza. A partir de allí, se comienza a explicar que la nación como un todo ha estado a espaldas de su mar. Eso significa desconocer o desatender sus riquezas, sea bajo la forma inmediata de la pesca, pasando por el recurso hidrocarburífero y a futuro por fuentes ahora inexplotadas, tales como la energía marina convertida en electricidad de uso industrial o domiciliario o por la explotación de nódulos polimetálicos de interés estratégico sobre fin de siglo.

Otro aspecto no menor es la cuestión de la soberanía, la única forma de ejercerla es teniendo presencia efectiva, concepto válido tanto para la parte continental como la insular y la oceánica misma. Una forma de conjugar estos aspectos es volver la mirada al océano y extraer sus riquezas.

Refiriéndonos al tema de las energías marinas, vemos que unas pocas personas con visión estratégica volcaron sus esfuerzos detrás de proyectos imaginativos a lo largo de casi todo un siglo. Algunos de esos proyectos se cayeron por la imposibilidad práctica de llevarlos a buen fin, otros porque la tecnología aún no estaba suficientemente madura o porque la relación costo/beneficio les era adversa en ese momento. Sobre este último aspecto, hay que tener presente que esa ecuación es cambiante y puede revertirse, tanto de la mano de tecnologías más eficientes para las energías marinas como del encarecimiento de las fuentes tradicionales.

Lo importante es que detrás de cada proyecto siempre hubo un estudio serio para determinar factibilidades y si las condiciones no se dieron, no significa que a futuro y con las consideraciones antes dichas de perfeccionamiento de la tecnología, no puedan llegar a ser económicamente viables.



En ese sentido, este grupo GEMA entiende que los primeros e ineludibles pasos para recuperar la iniciativas es poner el tema en discusión, aprovechar los foros de debate y abrir el abanico de oportunidades. Todas las tecnologías de uso de energías del mar están en sus etapas iniciales y es el momento adecuado para insertarnos en esa corriente.

A la indiferencia oponemos interés, al desaliento le presentamos cara con propuestas, a las dificultades las enfrentamos con ingenio y a los problemas tecnológicos con la tenaz determinación intelectual de buscar el modo de resolverlos.

Nada es fácil, pero nada es imposible tampoco: la voluntad de una nación es determinante y la explicación, la difusión y la discusión de los temas de energías marinas constituyen una de las vías para tener una nación un poco mejor.



*Les solicitamos a los lectores de este CATÁLOGO ENERGÍAS DEL MAR 2014, nos hagan llegar sus comentarios, sugerencias y observaciones a la siguiente dirección de email:*

**[margema2014@gmail.com](mailto:margema2014@gmail.com)**



## ANEXO III

# INVITACIÓN A INTEGRAR EL GRUPO DE INTERÉS EN ENERGIAS DEL MAR ARGENTINO

El GRUPO DE INTERES EN ENERGIAS DEL MAR ARGENTINO es una iniciativa de la Academia del Mar que tiene por objetivo establecer una red informal de contactos, que vincule a los especialistas, instituciones, y organizaciones que estén trabajando o estudiando el tema de Energía del Mar, específicamente mareas, corrientes y olas, con el objeto de recopilar experiencias en Argentina. La participación es individual y el carácter de informal de la red de contactos del GEMA tiene como propósito facilitar la participación plena de los especialistas sin comprometer a las instituciones a las que pertenezcan. Los participantes podrán invocar o no su pertenencia a determinada institución sin que ello implique necesariamente que ejerzan su representación.

El GEMA es de carácter abierto, participativo e informal. La incorporación de nuevos miembros se resuelve al simple pedido del interesado, o mediante invitación de un integrante del grupo.

### SOLICITUD DE INCORPORACIÓN AL GEMA

Enviar a [margema2014@gmail.com](mailto:margema2014@gmail.com) o [info@academiadelmar.org.ar](mailto:info@academiadelmar.org.ar)

Referencia: GEMA

Nombre y apellido:

Profesión/título/grado académico:

Empresa/institución/organización:

Cargo:

E-mail laboral:

E-mail profesional/personal:

TE oficina/casa:

TE celular:

Motivo de su interés/experiencias sobre el tema:





## **ANEXO IV**

# PAUTAS PARA UNA POLÍTICA OCEÁNICA NACIONAL PARA LA REPÚBLICA ARGENTINA

  
Academia del Mar





---

PAUTAS  
PARA UNA  
POLÍTICA OCEÁNICA NACIONAL  
PARA LA  
REPÚBLICA ARGENTINA



“Aunque nadie ha podido regresar  
y hacer un nuevo comienzo...  
cualquiera puede volver a comenzar ahora  
y hacer un nuevo final”

*Frase atribuida al misionero jesuita Francisco Xavier (1506-1552)*

## ¿Por qué y para qué estas Pautas?

Este documento pretende ser una contribución para el desarrollo de una Política Oceánica para la República Argentina.

Expresamente se han evitado las cuestiones controvertidas y se han concentrado las propuestas de acción en temas que aunque pueden ser calificados como muy básicos o descriptivos de un elemental “deber ser”, aún están pendientes en nuestra agenda de desarrollo nacional.

Muchas veces se ha pensado en el mar, pero casi nunca se lo pudo abordar en forma sistémica.

¡Intentemos juntos proyectar este futuro deseado!



## **La Academia del Mar de la República Argentina**

La idea de constituir una Academia del Mar en la República Argentina comenzó a desarrollarse a partir del interés de sus 23 académicos fundadores durante el año 1995, y esa idea se materializó en una asociación civil de carácter científico y sin fines de lucro en febrero de 1996. La Academia adoptó como sede el Centro Naval de la Ciudad de Buenos Aires, que le presta sus instalaciones para desarrollar sus actividades.

Los propósitos que guían su actividad, según el artículo 2º del Estatuto, son los siguientes:

- a) investigar, dilucidar y prestigiar las cuestiones referentes al mar, en su más amplia acepción, a fin de contribuir al crecimiento del país y al bienestar de sus habitantes;
- b) apoyar el ejercicio de los derechos jurisdiccionales argentinos de navegación marítima, aérea y espacial; la exploración, generación, explotación y conservación de los recursos y el tráfico en el mar y en los puertos;
- c) promover y difundir la investigación científica y tecnológica, fomentando los estudios correspondientes;
- d) estimular el desarrollo sustentable de las actividades marítimas en el ámbito de la cooperación internacional;
- e) extender tales propósitos a los espacios fluviales y lacustres, en el orden nacional y regional;
- f) desarrollar la conciencia marítima de la población.

El objetivo que guía a la Academia es realizar una reflexión multidisciplinaria permanente sobre el mar a partir de la diversidad de las perspectivas académicas y profesionales de sus miembros, procurando reunir los enfoques de diferentes disciplinas científicas y obtener una riqueza conceptual actualizada con los nuevos conocimientos sobre el mar.

Durante sus dieciocho años de existencia, la Academia realizó más de 160 Sesiones Plenarias Ordinarias mensuales en las que se analizaron muy diversos temas relativos al mar a través del enfoque interdisciplinario que brindan las diversas especialidades de los académicos y de expositores, en ocasiones, especialmente invitados.

Los académicos realizan investigaciones individuales y, desde 2010, compartidas,



sobre temas de especial interés de la Academia. Estos estudios y las “Exposiciones de Incorporación” que realizan los miembros al ingresar a la Academia conforman la serie de publicaciones denominada “Cuadernos Talásicos”. Estos textos, que recuerdan la denominación dada al mar en la antigua Grecia, se encuentran disponibles para consulta en la página web de la Academia: [www.academiadelmar.org.ar](http://www.academiadelmar.org.ar).

La Academia también organiza diversas actividades conjuntamente con otras instituciones para diseminar sus conocimientos y difundir sus objetivos y estudios.





## Academia del Mar

### **Miembros Titulares**

AGIS, José Manuel  
ALFONSO, Carlos Luis  
ARAMBURU, Enrique Jorge  
ARMAS-PFIRTER, Frida M.  
ARNAUD, Vicente Guillermo  
ASTIZ, Osvaldo Pedro  
BARTOLETTI, Guillermo J.  
BERTOLINO, Jorge Mario  
CAMPAGNA, Claudio  
CARRANZA, Hugo Alberto  
CODIGNOTTO, Jorge O.  
COLPACHI, Mario A.  
COSENTINO, Enrique Jorge  
COUTO, Norberto M.  
de las CARRERAS, Alfredo M.  
del CASTILLO de LABORDE, Lilian C.  
DESTEFANI, Laurio H.  
DOJAS, Alberto Edgardo  
DOMÍNGUEZ, Néstor Antonio  
EREÑO, Carlos E.  
ESCALANTE, Raúl Sixto  
GIORSETTI, Domingo Ricardo

GONZÁLEZ, Abel Julio  
GROSSO, Mónica Gabriela  
LOUGE, Carlos A.  
LUPPI, Alejandro Ricardo  
MOHORADE, Horacio  
MOLINA PICO, Enrique E.  
PERUZZOTTI, Norberto C.  
REGGINI, Horacio C.  
ROSSI, Gilberto Nicasio  
SÁNCHEZ, Ramiro P.  
SCHAER, Edmundo J.  
TALAVERA, Haydée Susana  
TANZI, Héctor José  
TRUEBA, Carlos Manuel  
VALLADARES, Javier A.  
VELASCO, Luis Enrique  
VILA, Fernando

### **Académicos Eméritos**

ÁLVAREZ FORN, Hernán G.  
FOX, Pedro A.  
LAVEZZO, Julio Ítalo  
STELLA, Joaquín Edgardo



## Las Pautas para una Política Oceánica Nacional para la República Argentina

El mar ha estado siempre presente en la historia argentina: el comercio y la defensa del territorio estuvieron vinculados desde antes de la vida independiente del país con el vasto litoral atlántico en el que desembocan grandes ríos interiores, algunos de ellos especialmente aptos para la navegación. Los intereses marítimos argentinos comenzaron a delinearse con la reflexión y las propuestas de Manuel Belgrano como Secretario del Real Consulado de Buenos Aires, entre 1794 y 1810; y durante la Presidencia de Domingo Faustino Sarmiento (1868–1874) se consolidaron las modernas instituciones nacionales vinculadas al mar, que fueron alcanzando una formulación sistemática a comienzos del siglo XX con el pensamiento y la acción de varios visionarios del mar, entre ellos, el Almirante Segundo R. Storni.

Un siglo después de estos grandes hitos, la Argentina se encuentra frente al desafío de aprovechar las nuevas aplicaciones que trae la acelerada evolución científica y tecnológica para el aprovechamiento sustentable y sostenible de sus recursos y la preservación de sus vastos intereses oceánicos.

El mar, como unidad constituida por todos los océanos y mares del mundo, es complejo, dinámico, amplio y profundo y exige un enfoque sistémico como subsistema del sistema tierra, y contiene una enorme cantidad de vida y de biodiversidad. El mar sufre por la acción del hombre: muchas especies marinas están en riesgo de extinción por la sobre explotación y la contaminación producida por el vertido de desechos y la aplicación de tecnologías inmaduras. Lo que sucede en el mar afecta a todo el ecosistema del planeta.

La Argentina tiene un enorme litoral marítimo: la zona del mar bajo jurisdicción nacional supera a todo el territorio terrestre. Es un área que contiene importantes recursos naturales susceptibles de ser explotados. Una parte de esos espacios marinos está sujeta a una controversia de soberanía con una potencia colonial, lo que afecta la seguridad nacional.

Las Pautas para una Política Oceánica para la República Argentina son una contribución de la Academia del Mar para que la República Argentina pueda contar con una base conceptual sobre la que se pueda acordar una Política de Estado que atienda el universo de cuestiones relacionadas con el mar de una manera sistémica y contribuya a una acción



planificada. Las Pautas están basadas en la idea de que el mar es un sistema, que sólo puede ser encarado exitosamente mediante la comprensión de su complejidad y de la influencia que la conducta humana tiene sobre él.

Una Política de Estado sobre el mar debe estar basada en una estrategia de largo plazo que permita preservar el derecho de las generaciones futuras a disfrutar plenamente de ese espacio geográfico. Por este motivo, estas Pautas elaboradas por la Academia están también dirigidas a desarrollar la conciencia marítima de la sociedad, a través de la educación y la cultura.

Por medio de seminarios, envíos de correspondencia, debates y reuniones, la Academia viene procurando difundir este documento en la sociedad argentina.

De este modo, la Academia del Mar se suma a una reflexión sobre los intereses oceánicos argentinos que lleva más de 200 años.

Buenos Aires, 20 de noviembre de 2013.

**Néstor Antonio Domínguez**  
Académico Presidente



## Índice

### **Introducción**

- La Argentina marítima: Zona Económica Exclusiva y extensión de la Plataforma Continental.
- Región de Búsqueda y Salvamento (SAR) responsabilidad de la República Argentina.
- Zona de aplicación del Tratado para la Proscripción de las Armas Nucleares en América Latina y el Caribe (Tratado de Tlatelolco).
- Superficies jurisdiccionales de la República Argentina.

### **1. Principios generales para una Política Oceánica Nacional**

- Empleo del conocimiento.
- Enfoque interdisciplinario y sistémico.
- Océanos sanos y seguros hoy y para las próximas generaciones.
- Explorar, evaluar, explotar y utilizar los recursos del mar en un marco de desarrollo económico sustentable.
- Principio precautorio.
- Diálogo entre los sectores gubernamentales, personas y asociaciones privadas.
- Libre ejercicio de los derechos.
- Capacidad y participación.
- Educación y conciencia marítima.

### **2. Objetivos de la Política Oceánica Nacional**

### **3. Ámbitos de aplicación de la Política Oceánica Nacional**

- El ámbito geográfico de aplicación.
- Los ámbitos temáticos.

### **4. Plan de acción para una Política Oceánica Nacional**

- Observación y conocimiento.
- Planificación.
- Gestión.
- Educación y Cultura.
- Prevención.
- Seguridad y Defensa.
- Difusión.

### **Glosario**

### **Anexo I**

Instrumentos jurídicos



**Anexo II**

Organizaciones internacionales de las que la Argentina es parte

**Anexo III**

Declaraciones y otros documentos internacionales

**Anexo IV**

Referencias a estrategias, programas y planes nacionales

**Anexo V**

Referencias a la política oceánica comparada

**Referencias**



## Introducción

Los mares, que cubren el 71% de la superficie de la tierra, constituyen un componente básico del sistema global de soporte de la vida, colaboran en el equilibrio de los gases con la atmósfera, entre ellos el oxígeno, conforman uno de los principales hábitats para la biodiversidad del planeta y son fuente de vida y recursos para toda la humanidad.

Este invaluable aporte que brinda el mar es afectado por las actividades humanas, que alteran en mayor o menor medida el equilibrio marino. Frecuentemente, esas actividades impactan negativamente, ya sea por negligencia o por la necesidad de responder a demandas crecientes, unidas a tecnologías inmaduras o mal aplicadas.

Entre estos efectos perjudiciales se destacan la contaminación producida por los efluentes continentales, los derrames de hidrocarburos, los accidentes con artefactos navales, incidentes con embarcaciones nucleares, la disposición de residuos contaminantes en los fondos marinos, los descartes pesqueros, la sobre pesca y los intentos no debidamente concebidos de fertilización oceánica, algunos de ellos en aguas del Atlántico Sur, para producir zonas con incremento de su productividad primaria y aumentar la absorción de CO<sub>2</sub> de la atmósfera.

La comunidad internacional está alcanzando niveles de conocimiento científico y técnico que permiten hoy comenzar a identificar y cuantificar algunos de los cambios que están ocurriendo en la tierra, la atmósfera, los océanos, los lagos, los ríos, y los hielos, entre sí y en relación con las actividades humanas, y de esta forma comenzar a comprender el impacto causado por las acciones del hombre sobre el sistema global.

El crecimiento de la población mundial y la extensión del desarrollo económico a países emergentes aumentan la demanda de recursos y el interés por la explotación de vastas áreas oceánicas más allá de las jurisdicciones costeras de acuerdo con el avance de las nuevas tecnologías. A ello se suman la aparición de nuevas amenazas a la seguridad internacional y la persistencia de acciones dirigidas a establecer o imponer un cierto orden en los mares de acuerdo con las capacidades e intereses de cada uno de los diversos actores internacionales, en lugar de que ese orden resulte de la cooperación internacional.

La demanda de energía a nivel mundial puede requerir un 45% adicional para el 2030; entre tanto, el 67% del suministro actual proviene de combustibles fósiles. Es imperioso que aquel incremento se satisfaga sin aumentar las emisiones de CO<sub>2</sub>, y eso sólo se puede cumplir desarrollando las denominadas energías limpias, renovables, no contaminantes (como por ejemplo la biomasa, solar, eólica, hidráulica, geotérmica y las marinas como olas, mareas, corrientes, gradientes térmicos y salinos) y con la pro-



ducción de hidrógeno offshore.

La normativa internacional sobre los espacios marítimos se ha ido desarrollando a lo largo de los siglos. La mayor parte está codificada en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR), de la que son parte más de 160 Estados. En ciertos temas, sin embargo, subsiste una legislación confusa, superpuesta o sectorial, a lo que se suma una multiplicidad de instancias internacionales de investigación, negociación y reglamentación como la Organización Marítima Internacional (OMI), la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO/COI), la Organización Hidrográfica Internacional (OHI), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y UN-Oceans, entre otras.

En el mar, las fronteras jurídicas no coinciden con las naturales de los ecosistemas. Las características naturales y las normas jurídicas que se aplican lo convierten en un espacio sujeto a una interdependencia compleja, en el que muchas medidas nacionales sólo pueden ser evaluadas adecuadamente por sus consecuencias regionales y globales luego de transcurrido un tiempo prudencial.

Muchos países están revisando su modo de administrar el ambiente y los recursos marinos, así como su presencia y acción en los océanos mundiales, dotándose de los medios y las políticas necesarias para impulsar sus intereses nacionales en ese ámbito.

La Argentina, con su vasto litoral marítimo, tiene jurisdicción sobre importantes espacios en el Atlántico Sur y en la comunicación interoceánica, a los que se debe agregar también su proyección antártica. Los espacios sumergidos bajo jurisdicción nacional son mayores que la superficie emergida. Estas áreas bajo su jurisdicción o responsabilidad abarcan un total que supera los 16 millones de km<sup>2</sup>.

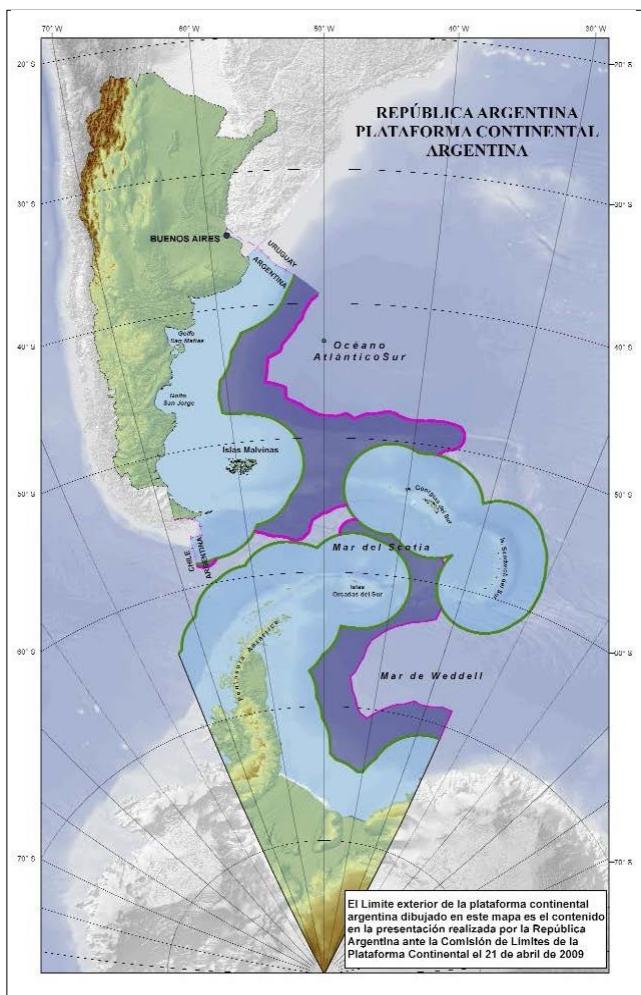
La controversia con el Reino Unido de Gran Bretaña respecto a las Islas Malvinas, Georgias del Sur, Sándwich del Sur y los espacios marítimos e insulares correspondientes en el Atlántico Sur afecta no sólo a los actuales intereses argentinos sino también a las posibilidades de nuevos y futuros desarrollos.

Este enorme patrimonio natural derivado del mar y sus costas forma parte de los intereses permanentes y vitales del país. Por ello, y especialmente en el actual contexto internacional, cabe al Estado Nacional trazar una estrategia con su correspondiente planificación de largo plazo que abarque en forma coordinada y presupuestariamente sustentable

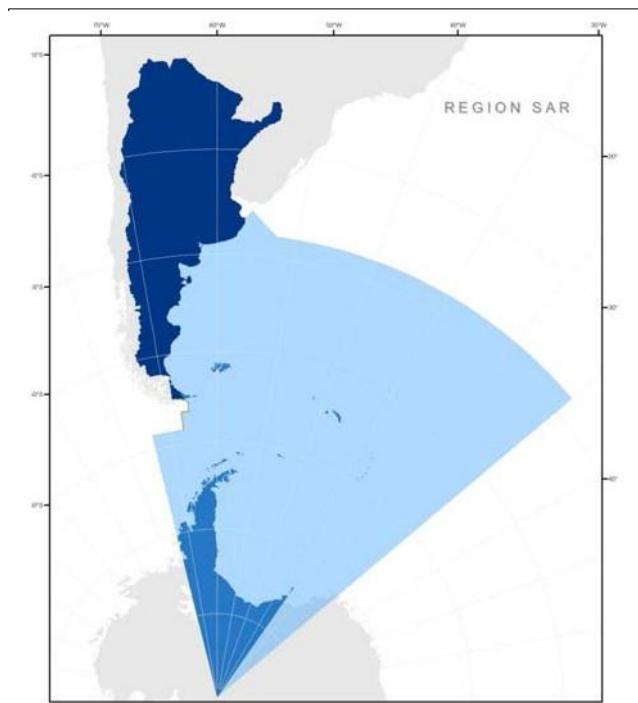


todas las cuestiones relacionadas con el mar. Ese curso de acción debe estar pragmáticamente articulado con la política exterior de la Nación, conformando una verdadera Política de Estado.

La enunciación de una política oceánica debe partir, entonces, de identificar los intereses en juego, para lo cual en estas Pautas se aplicaron principios y criterios considerados fundamentales. A partir de estos principios y criterios, se esbozó un plan de acción que procura afirmar los intereses hasta aquí identificados junto con la defensa de la soberanía sobre los espacios y los recursos, la plena aplicación de la ley y la gestión integral del mar y sus costas.



La Argentina Marítima: zona económica exclusiva y extensión de la plataforma continental



Región de responsabilidad SAR (conocida por sus siglas en inglés que significan: Búsqueda y Rescate) de la República Argentina

Puntos extremos:

Norte:

35° 38' S / 055° 52' W

Este:

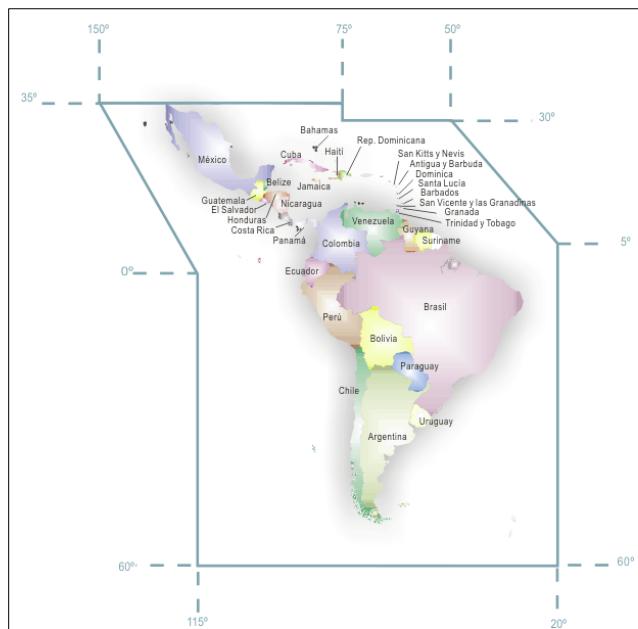
37° 56' S / 010° 00' W hasta el Polo Sur

Oeste:

58° 21'.1 S / 074° 00' W hasta el Polo Sur

Totalizando aproximadamente:

16.136.748 Km<sup>2</sup>



Zona de Aplicación del Tratado para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina y el Caribe (Tratado de Tlatelolco)



Superficies jurisdiccionales de la República Argentina	
Territorio argentino en el continente americano e insular	2.791.810 km <sup>2</sup>
Antártida Argentina	965.597 km <sup>2</sup>
Aguas bajo soberanía y jurisdicción nacional desde las líneas de base hasta las 200M	4.799.732 km <sup>2</sup>
Plataforma continental desde las 200M hasta el límite exterior presentado ante la Comisión de Límites de la Plataforma Continental (CLPC)	1.781.885 km <sup>2</sup>
Área de responsabilidad en la Búsqueda y Rescate (SAR)	16.136.748 km <sup>2</sup>

Elaborado por el Servicio de Hidrografía Naval con datos propios y del Instituto Geográfico Nacional.

## 1. Principios generales para una Política Oceánica Nacional

El Lawrence Hall of Sciences y el Colegio de Exploración de la Universidad de California (Berkeley) mantienen un sitio web denominado Ocean Literacy en donde se definen siete principios considerados esenciales en relación con el océano:

- La Tierra tiene un gran océano con muchas características.
- El océano y la vida en el océano modelan las características de la tierra.
- El océano tiene una influencia muy importante en la meteorología y el clima.
- El océano hace que la Tierra sea habitable.
- El océano sostiene una gran diversidad de vida y ecosistemas.
- El océano y los seres humanos están inextricablemente ligados.
- El océano está prácticamente inexplorado.

Se postulan los siguientes principios para vincular el océano con la problemática específica de la sociedad argentina y, de este modo, contribuir a definir los intereses marítimos que le son propios. Esos principios aspiran a guiar en forma general el pensamiento y conducta de la sociedad en relación con el mar. Helos aquí:

1.1. **Empleo del conocimiento.** Usar la mejor información científica y tecnológica disponible en todos los campos del conocimiento.

1.2. **Enfoque interdisciplinario y sistémico.** Asegurar la existencia de un dinámico diá-



logo sectorial e interdisciplinario, conducente a una concepción sistémica del mar, con articulaciones institucionales tanto políticas como científicas, adecuadas para la gestión oceánica y la consolidación de una conciencia marítima nacional.

**1.3. Océanos sanos y seguros hoy y para las próximas generaciones.** Proveer a que los océanos sean sanos y seguros, con la adecuada salvaguarda de la biodiversidad, para el beneficio y prosperidad de las actuales y futuras generaciones.

**1.4. Explorar, evaluar, explotar y utilizar los recursos del mar y de las costas en un marco de desarrollo económico sustentable.** Utilizar y explotar los recursos del mar en forma racional y sustentable.

**1.5. Participación y compatibilización internacional.** Participar activamente en la definición de políticas internacionales respecto del aprovechamiento y gestión de los recursos que son patrimonio común de la humanidad. Procurar compatibilizar las políticas nacionales con las internacionales conforme a los intereses nacionales.

**1.6. Principio precautorio.** Aplicar el principio precautorio en casos de falta de consenso o de insuficiente información.

**1.7. Diálogo entre los sectores gubernamentales, personas y asociaciones privadas.** Identificar y consensuar con un enfoque sistémico el listado de intereses argentinos en el mar, tanto en las zonas de su jurisdicción como así también fuera de ellas, por medio de mecanismos que consulten a los diversos actores gubernamentales y privados, procurando resolver algunos conflictos recurrentes con significativa incidencia ambiental como, por ejemplo, los que impiden una correcta vinculación entre la conservación y el desarrollo, el interés público y el privado, el interés nacional y el provincial, la perspectiva global y la local y los que surgen de intereses sectoriales.

**1.8. Libre ejercicio de los derechos.** Dotarse de las capacidades para ejercer plenamente los derechos sobre el mar, sus usos y recursos, desarrollando una mayor presencia en todos los ámbitos donde los intereses propios lo demanden.

**1.9. Capacidad y participación.** Analizar la problemática local del mar en conocimiento de la información global para proyectar, de este modo, políticas compatibles tanto con lo regional como con lo global. Disponer del conocimiento tecno científico enriquecido por la experiencia, la capacidad de observación sistemática y, por sobre todo, una decidida y expresa voluntad política para actuar en los temas oceánicos.

**1.10. Educación y conciencia marítima.** Fomentar a través de la educación y otros

medios la conciencia marítima nacional.

## **2. Objetivos de la Política Oceánica Nacional**

Definir y afianzar los intereses argentinos en el mar, los derechos de soberanía y el desarrollo de una conciencia marítima nacional para aprovechar los recursos existentes y brindar, además, un marco conceptual para su defensa, conservación y uso en forma sostenible y sustentable.

## **3. Ámbitos de aplicación de la Política Oceánica Nacional**

3.1. El ámbito geográfico de aplicación es el oceánico y sus costas, pero según las circunstancias de análisis se lo puede extender a otros espacios de influencia (como los fluviales y lacustres).

3.2. Los ámbitos temáticos incluyen todas las disciplinas vinculadas con el mar y pueden ser reunidos de la siguiente manera:

### **Ámbito Científico Tecnológico**

- a) Investigación y desarrollo de las ciencias y tecnologías marinas en forma transdisciplinaria.
- b) Investigación en energías no convencionales (olas, mareas, corrientes marinas, etc.).
- c) Incremento de la seguridad náutica en las áreas de interés.
- d) Evaluación ecosistémica del mar y sus recursos y contribución a una mayor oferta de servicios ambientales con los datos obtenidos.
- e) Ciencia en la diplomacia, diplomacia para la ciencia y ciencia para la diplomacia (ver en el glosario).
- f) Ingeniería aplicada al océano.

### **Ámbito Político y Jurídico**

- a) Administración ambiental y manejo costero.
- b) Derecho del mar y marítimo.
- c) Desarrollo institucional.
- d) Geopolítica, talasopolítica y geoestrategia.
- e) Organización del territorio y, especialmente, del ordenamiento costero.
- f) Patrimonio común de la humanidad (alta mar, fondos marinos, etc.).
- g) Política exterior, defensa y seguridad.



h) Ríos y lagos nacionales e internacionales que desembocan directamente en el mar.

#### Ámbito Económico

- a) Contaminación marina.
- b) Fuentes marinas de energía no convencional (olas, mareas, corrientes marinas, etc.).
- c) Industria naval, en condiciones de contribuir tanto para la defensa de los intereses marítimos nacionales como para la exploración y explotación de los recursos oceánicos.
- d) Comercio Internacional.
- e) Minería costa afuera.
- f) Pesquerías y acuicultura.
- g) Petróleo y gas costa afuera.
- h) Puertos.
- i) Transporte por agua.
- j) Recursos genéticos.

#### Ámbito Cultural

- a) Arqueología submarina.
- b) Deportes marítimos y navegación deportiva.
- c) Educación y cultura marítima.
- d) Historia argentina vinculada con el mar.
- e) Turismo y recreación.

### 4. Plan de acción para una Política Oceánica Nacional

Para alcanzar los objetivos de esta política oceánica se considera necesario implementar un plan de acción que deberá ser elaborado siguiendo algunos criterios generales que posteriormente se conviertan en acciones concretas.

Entre estos criterios pueden contarse los siguientes, que se enumeran sin priorizarlos:

#### Observación y conocimiento

**1.** Desarrollar e integrar en forma sistemática los diversos observatorios que involucran tanto sensores remotos como observaciones in situ. Estos observatorios deberán estar orientados hacia el análisis de los aspectos ambientales, de los usos directos e indirectos de los espacios marítimos y de la evaluación de recursos renovables y no renovables. La integración de toda la información debería ser capaz de alimentar modelos de predicción



para los principales fenómenos oceánicos, climatológicos, económicos y sociales. Estos observatorios deberán servir, además, para seguimiento de las tecnologías e información disponibles para todos los usos del mar.

**2.** Promover el conocimiento de las ciencias básicas y aplicadas con la incorporación de tecnologías de avanzada en todos los temas marinos.

**3.** Integrar la investigación del mar y sus espacios con sus aplicaciones.

**4.** Evaluar en forma continua las existencias y potencialidades de los recursos del mar y sus costas, favoreciendo su exploración y explotación racional.

**5.** Potenciar el Sistema Nacional de Datos del Mar.

**6.** Desarrollar una matriz energética marina.

#### **Planificación**

**7.** Incorporar los temas oceánicos y costeros en la planificación nacional.

**8.** Integrar la planificación espacial marina con la planificación territorial.

**9.** Supervisar cuantitativa y cualitativamente lo planificado y actuado incorporando conceptos de evaluación continua. Analizar la adopción de índices de evaluación sobre la salud y aprovechamiento de las zonas costeras y marinas.

**10.** Establecer claros cronogramas de planificación para ordenar la acción.

**11.** Planificar en forma integrada y gestionar en forma descentralizada, con participación comunitaria.

**12.** Crear una visión estratégica para las energías marinas.

#### **Gestión**

**13.** Conferir relevancia política equivalente a los espacios marítimos y terrestres de la Nación.

**14.** Integrar el manejo de las zonas costeras y áreas de influencia con el de los espacios marítimos y fluviales contiguos.

**15.** Coordinar las políticas, estrategias y posturas nacionales para mantenerlas en todos los foros relacionados con el mar.

**16.** Implementar un mecanismo de evaluación económica de la actividad marina apto para cuantificar el esfuerzo nacional en el escenario marino.

**17.** Establecer un organismo federal autónomo y autárquico (en el ámbito del Poder Ejecutivo Nacional) que gestione la Política de Estado Oceánica Nacional convocando a organismos gubernamentales y personas y asociaciones privadas comprometidos con la temática del mar. Complementariamente, crear dentro de la Jefatura de Gabinete un área específica para el control y supervisión del cumplimiento y gestión del PON en cada área del gobierno.

**18.** Coordinar a los sectores económicos vinculados con el mar (como la pesca, la acuicultura, la explotación minera, las energías, en particular las renovables offshore, el transporte por agua, la industria naval, el turismo, las actividades culturales, entre otros), procurando mantener entre todos ellos una posición oceánica nacional común.

**19.** Desarrollar las vías navegables y sus instalaciones portuarias para aprovechar las ventajas de la navegación (fluvial y oceánica) respecto a los otros modos de transporte (tanto en costos como en impacto ambiental).

**20.** Promover la navegación deportiva y el desarrollo de puertos que faciliten y favorezcan su seguridad.

#### **Educación y cultura**

**21.** Incorporar temas marítimos, ambientales y técnicos en los planes de estudio nacionales y provinciales de nivel primario y secundario.

**22.** Educar y actuar en procura del desarrollo sostenible de las regiones marinas sobre la base de pilares económicos, ambientales y socio/culturales.

**23.** Desarrollar la conciencia marítima nacional por medio de actividades culturales tales como: programas de conferencias, museos, acuarios y la preservación de sitios subacuáticos de valor.

**24.** Contribuir a la actualización de los planes de estudio de las instituciones educativas en lo referente a temas vinculados con el mar.

**25.** Promover la creación de institutos, laboratorios y centros de investigación en relación con los intereses marítimos.

#### Prevención

**26.** Desarrollar un sistema versátil de respuesta ante los diferentes tipos de emergencias oceánicas (tormenta severa, inundación, mareas rojas, etc.).

**27.** Acompañar el cambio climático global a través de datos y análisis, desarrollando medidas de prevención con planes de mitigación y adaptación. Emplear flexibilidad en el uso de información de múltiples fuentes.

**28.** Aplicar los siguientes criterios para las consecuencias de la contaminación, tanto marina como de origen terrestre, sobre los espacios marinos:

- Prevenir la contaminación.
- Combinar la prevención con el control de la contaminación en el mar bajo soberanía o jurisdicción argentina aplicando la CONVEMAR, las convenciones de la OMI y los demás instrumentos jurídicos internacionales aplicables.
- Actualizar de manera continua la legislación relacionada con los impactos humanos y aplicar las sanciones que correspondan a quienes causaren perjuicios al ambiente marino.
- Mantener permanentemente los controles en el ambiente y ecosistema oceánicos.

#### Seguridad y Defensa

**29.** Desarrollar acciones que proyecten los intereses nacionales en el medio marino, incrementando la presencia del pabellón nacional, la seguridad y defensa de las áreas y recursos bajo su jurisdicción.

**30.** Continuar garantizando la salvaguarda de la vida humana en el mar.

**31.** Conservar y proteger la biodiversidad marina.

**32.** Consolidar los límites jurisdiccionales y contribuir a la gestión de los espacios resultantes.

**33.** Promover la utilización pacífica del mar, incluyendo el respeto por las zonas libres de armas nucleares establecidas por los tratados internacionales.

**34.** Contribuir con el mantenimiento y actualización de la red de observación y bases



de datos oceanográficos, ambientales y socio-económicos, a fin de que también puedan ser utilizados para la defensa y seguridad.

### Difusión

**35.** Difundir los datos e información marina de modo que se puedan incorporar como elementos de análisis y apoyo para la decisión, tanto en el sector público como en el privado.

**36.** Completar, mantener actualizada y establecer el uso de cartografía nacional en todos los espacios marinos de interés.

**37.** Vincular la cartografía náutica con la planificación espacial marina.

**38.** Permitir el desarrollo e incentivar la participación de la población en los ámbitos marinos propios y de interés, siguiendo el derecho argentino y el internacional.

**39.** Identificar, proteger y enriquecer el patrimonio marino y subacuático.

### Glosario

Los términos utilizados y algunos conceptos que implícitamente se desprenden de este documento deben ser interpretados de la siguiente forma:

**Región de Búsqueda y Salvamento (SAR):** área asignada a la República Argentina por el Convenio Internacional sobre Búsqueda y Salvamento Marítimo de 1979 (Convenio SAR).

**Conciencia marítima nacional:** comprensión por parte de una sociedad de sus intereses marítimos.

**Ciencia en la diplomacia:** asesoramiento científico para fijar los objetivos de la política exterior; **diplomacia para la ciencia:** facilitación de la cooperación científica internacional, sea a fin de establecer prioridades estratégicas para la investigación o para lograr la colaboración entre científicos individuales; y **ciencia para la diplomacia:** uso de la cooperación científica para mejorar las relaciones entre los países<sup>1</sup>. Estos conceptos están vinculados con la idea de “soft power” (poder blando) que introdujo el Dr. Joseph Nye de la



Universidad de Harvard en 2004. Esta misma relación es posible aplicarla entre la ciencia y el derecho de los intereses marítimos, tal como lo expresara el Dr. Ariel W. González.

**Interés:** el “Diccionario de la Lengua Española” de la Real Academia Española, en su 22<sup>a</sup> Edición de 2001, define el interés como “*Conveniencia o beneficio en el orden moral o material*”. Hans J. Morgenthau, en su libro “Política entre las naciones. La lucha por el poder y la paz”, afirmó que el interés es el parámetro permanente mediante el que debe juzgarse y dirigirse la acción política.

**Intereses nacionales:** son los que hacen a la garantía de identidad existencial de una nación y, como tales, son también los objetivos de su política exterior. El Embajador Vicente G. Arnaud, miembro de la Academia del Mar, dice al respecto: “*El "interés nacional" es un concepto ambiguo, de imprecisa definición, pero es una realidad fáctica. Lo importante del interés nacional no es definirlo, sino determinarlo, y en él deben estar presentes los únicos objetivos de todo gobierno y de toda política: el bienestar de la población, el desarrollo del país y su integridad territorial. En su determinación deben coincidir la conveniencia, la utilidad y el beneficio con la ética de la razón, pues sin esta última deja de ser racional. La determinación del interés nacional debe conducir a la adopción de políticas de Estado, no de gobiernos, pues éstos cambian. Políticas, algunas permanentes hasta su logro y otras temporarias, sobre las cuales haya un mayoritario acuerdo de los partidos políticos, de los diversos sectores e intereses de la población y de la opinión pública, para las que hay que arbitrar medios de implementación*”.<sup>III</sup>

**Interés permanente:** interés que vincula la existencia de la nación con su futuro. Morgenthau llama a los intereses nacionales como permanentes cuando son relativamente constantes durante largos períodos, aunque pueden evolucionar lentamente.

**Interés vital:** aquél por el cual, en su defensa, una sociedad está dispuesta a recurrir, en última instancia, al uso de la fuerza.

**Intereses vitales y permanentes:** aquéllos que vinculan la existencia de la nación con su futuro y que, en casos extremos, pueden llevarla al uso de la fuerza; a los fines de estas Pautas se pueden identificar con: la soberanía e independencia, la integridad territorial y marina, la autodeterminación, la libertad, el bienestar de los habitantes.

**Líneas de base:** líneas que separan las aguas interiores del mar territorial.<sup>IV</sup>

**Plataforma continental:** territorio nacional sumergido en el mar.

**Principio precautorio:** es el principio 15 de la Declaración de Río de Janeiro sobre el



Medio Ambiente y el Desarrollo, que reza que: “Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para posponer la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente”.<sup>v</sup>

**Sector Antártico Argentino:** territorio antártico reivindicado por la República Argentina.

**Sistémica:** es “Un conjunto abierto de conceptos, modelos y prácticas usados para un mejor entendimiento y eventual administración de sistemas complejos o entidades de cualquier tipo”.<sup>vi</sup>

**Sostenible:** la “Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo” establecida en 1983 por las Naciones Unidas por la Resolución 38/161 de la Asamblea General, dio a conocer en marzo de 1987 su informe “Nuestro Futuro Común”, también conocido como “Informe Brundtland” por haber sido la señora Gro Harlem Brundtland, ex Primera Ministra de Noruega, quien presidió la Comisión. El informe ha acuñado la expresión emblemática de “*sustainable development*” que se traduce al español como “desarrollo sostenible”.

El “Glosario General de Terminología y Traducción” de las Naciones Unidas (2001) traduce “sustainable” como “que puede mantenerse, duradero, perdurable, continuo, persistente, viable, estable, tolerable, soportable, aceptable, sostenible”.

El “Diccionario de la Lengua Española” de la Real Academia Española, en su 22<sup>a</sup>. Edición de 2001, define “sostenible” como: “adj. Dicho de un proceso: Que puede mantenerse por sí mismo, como lo hace, p.ej. un desarrollo económico sin ayuda exterior ni merma de los recursos existentes”.

**Sustentable:** el Dr. Ariel J. Lorefice hizo saber por carta al diario “La Nación” publicada el 14 de enero de 2004 que “En 1970, con la decisión de la UNESCO de fomentar la creación de las reservas de biosfera, se instaló la idea del desarrollo sustentable como el objetivo prioritario para impulsar zonas de reserva ecológica cuyas características son las de contener no sólo especies de la flora y fauna en peligro de extinción, sino también soportar la presencia del hombre en un desarrollo sustentable, es decir que permita la explotación de sus recursos naturales sin degradarlos o poniendo en peligro su biodiversidad”.

El “Diccionario de la Lengua Española” de la Real Academia Española, en su 22<sup>a</sup>. Edición de 2001, define “sustentable” como: “adj. Que se puede sustentar o defender con razones”.



**Tecnociencia:** término que designa el complejo entramado de la ciencia y la tecnología contemporáneas en cuanto a sus aplicaciones intencionales.

**Territorio continental:** parte del territorio nacional que pertenece a la masa del continente americano.

**Territorio insular:** islas y sus espacios marinos circundantes que pertenecen al territorio nacional.

**Transdisciplinariedad:** “*Es la característica general de los conceptos, métodos y modelos de cibernetica y sistemas que proveen a los especialistas un metalenguaje para el estudio de situaciones complejas en sistemas*”.<sup>vii</sup>

## **ANEXO I** **Instrumentos jurídicos**

### **Nacionales**

- **Constitución Nacional**
- **Ley Nº 15802.** Ratificación del Tratado Antártico.
- **Ley Nº 17094.** Extensión de la soberanía de la Nación argentina sobre la plataforma continental y el mar territorial.
- **Ley Nº 19922.** Ley Hidrográfica.
- **Ley Nº 20094.** Ley de la Navegación.
- **Ley Nº 20645.** Tratado del Río de la Plata y su frente marítimo.
- **Ley Nº 22445.** Aprobación del Convenio Internacional Sobre Búsqueda y Salvamento Marítimos, 1979.
- **Ley Nº 22584.** Aprobación de la Convención Sobre Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos.
- **Ley Nº 22963.** Ley de la Carta.
- **Ley Nº 23172.** Aprobación del Tratado de Paz y Amistad celebrado entre los Gobiernos de las Repúblicas de Argentina y Chile en la Ciudad del Vaticano el 29 de Noviembre de 1984.
- **Ley Nº 23456.** Aprobación del Convenio Internacional Relativo a la Intervención en Alta Mar en Casos de Accidentes que Causen una Contaminación por Hidrocarburos.
- **Ley Nº 23775.** Provincialización del Territorio Nacional de la Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur.
- **Ley Nº 23968.** Líneas de base de la República Argentina (Ley de Espacios Marítimos).



- **Ley Nº 24051.** Ley de Residuos Peligrosos.
- **Ley Nº 24089.** Aprobación de un Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques, 1973 y sus Protocolos Anexos.
- **Ley Nº 24093.** Actividades portuarias.
- **Ley Nº 24543.** Aprobación de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR).
- **Ley Nº 24608.** Acuerdo para Promover el Cumplimiento de las Medidas Internacionales de Conservación y Ordenación por los Buques Pesqueros que Pescan en Alta Mar.
- **Ley Nº 24776.** Aprobación de la Convención sobre Seguridad Nuclear.
- **Ley Nº 24815.** Creación de la Comisión Nacional del Límite Exterior de la Plataforma Continental.
- **Ley Nº 24922.** Régimen federal de pesca; y su Decreto Reglamentario Nº 748/99.
- **Ley Nº 25018.** Régimen de Gestión de Residuos Radiactivos.
- **Ley Nº 25675.** Política Ambiental Nacional.
- **Ley Nº 26107.** Aprobación del Acuerdo sobre la Conservación de Albatros y Petreles.
- **Ley Nº 26120.** Aprobación del Acuerdo sobre los Privilegios Inmunidades del Tribunal Internacional del Derecho del Mar.
- **Ley Nº 26154.** Regímenes promocionales para la exploración y explotación de hidrocarburos.
- **Ley Nº 26190.** Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica.
- **Ley Nº 26197.** Modificación de la Ley de Hidrocarburos 17319.
- **Ley Nº 26651.** Mapa Bicontinental de la República Argentina.

#### **Internacionales vinculantes de los que la República Argentina es parte**

- Convención Internacional para la Reglamentación de la Caza de Ballenas. Protocolo a la Convención Internacional para la Reglamentación de la Caza de Ballenas (1946).
- Convenio Constitutivo de la Organización Marítima Internacional (1948).
- Convenciones del Sistema del Tratado Antártico (1959).
- Tratado por el que se prohíben los ensayos con armas nucleares en la atmósfera, el espacio ultraterrestre y debajo del agua (1963).
- Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la luna y otros cuerpos celestes (1967).
- Tratado para la Proscripción de Armas Nucleares en América Latina y el Caribe, conocido como Tratado de Tlatelolco (1967, enmendado en 1990).

- Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales (1972).
- Convenio sobre la Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y otras Materias (1972).
- Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (1973) con Protocolos I y II y sus Anexos.
- Convención sobre Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (1980).
- Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR, 1982).
- Convenio sobre la Diversidad Biológica (1992).
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (1992).
- Acuerdo para Promover el Cumplimiento de las Medidas Internacionales de Conservación y Ordenación por los Buques Pesqueros que Pescan en Alta Mar (1993).
- Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (1997).
- Acuerdo sobre los Privilegios Inmunidades del Tribunal Internacional del Derecho del Mar (1997).
- Protocolo sobre Privilegios e Inmunidades de la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos (1998).
- Código Internacional para la Protección de los Buques y de las Instalaciones Portuarias (Código PBIP, 2002), *convertido en obligatorio a través de su inclusión en el Convenio SOLAS como Capítulo XI-2*.
- Convención de UNESCO sobre la Protección del Patrimonio Cultural Subacuático (*en vigor desde 2009*).
- Convenciones del sistema de la Organización Marítima Internacional.

## ANEXO II

### Organizaciones internacionales de las que la Argentina es parte

- Organización Hidrográfica Internacional (OHI, 1921).
- Organización Meteorológica Mundial (1947).
- Organización Marítima Internacional (1948).
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (1949).
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA, 1957).
- Comité Científico sobre Investigación Oceanográfica (SCOR).
- Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO (IOC, 1960).
- Organismo encargado de vigilar el cumplimiento del tratado de Tlatelolco denominada OPANAL (Organismo para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina y el Caribe).
- Convenio sobre la Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de



Desechos y otras Materias (1972).

- Organización Internacional de Telecomunicaciones Marítimas por Satélite (INMARSAT) (1979).
  - Zona de Paz y Cooperación del Atlántico Sur (ZPCAS, 1986).
  - Convenio sobre la Diversidad Biológica (1992).
  - Tribunal Internacional del Derecho del Mar (1997).
  - Autoridad Internacional de los Fondos Marinos (1998).
  - Océanos Naciones Unidas (2003).
  - Secretaría del Tratado Antártico (2004).

### **ANEXO III**

#### **Declaraciones y otros documentos internacionales**

- Declaración de Estocolmo sobre la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano (1972).
  - Programa de Mares Regionales del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (1974), con 13 Convenciones regionales.
  - Programa 21 de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992).
    - Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992).
    - Código de Conducta para la Pesca Responsable (FAO, 1995).
    - Declaración de Nairobi relacionada con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (1997).
    - Principios de Malawi sobre el enfoque por ecosistemas (FAO, 1998).
    - “Millennium Development Goals” de Naciones Unidas.
    - Declaración de Johannesburgo sobre Desarrollo Sostenible. Plan de Aplicación de las Decisiones de la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (2002).
    - Declaración de los Océanos de Manado (Conferencia Mundial de los Océanos, 2009).
    - Plan Estratégico para la Biodiversidad 2011-2020 (2010) con el agregado de las Metas de Biodiversidad Aichi (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010).
    - Comisión Mundial Independiente para los Océanos (UN University in Tokyo, diciembre 1995).
    - Principios relativos a la teleobservación de la Tierra desde el espacio (Documento de la ONU A/RES/41/65, 03DEC1986).
    - Principios pertinentes a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre (Oficina de Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Exterior). Asamblea General de la ONU, 1992. (Documento de la ONU A/RES/47/68, 23FEB1993).
    - Declaración de Yeosu, UNESCO, 2012.



## ANEXO IV

### Referencias a estrategias, programas y planes nacionales

- Storni, Segundo R., "Intereses argentinos en el mar" (1916).
- Plan Nacional de Búsqueda y Salvamento (SAR).
- Plan Espacial Nacional - Argentina en el Espacio (2004 – 2015).
- SAC-D/Aquarius (CONAE).
- Sistema Interjurisdiccional de Áreas Protegidas Costero Marinas (SIAPCM).
- *Plus Ultra in pro mare – Máximo Compromiso con el mar* (2009) Documento nunca publicado, pero disponible para consulta, del ex Centro de Estudios Estratégicos de la Armada.
  - Políticas hacia el Mar: Estudio Comparado Orientado al Caso Argentino. (*Ivana Bargas, Sergio Gabriel Caplan, Esteban Del Sar, Silvana Elizondo, Guido Julián Larocca, Belén Alejandra Schiaffi. Sede de Investigación y Estudios Estratégicos Navales (SIEN). Instituto Universitario Naval (INUN)*).
  - Estrategia Marítima Argentina desarrollada por varios organismos del Estado para cumplir con el plan voluntario de auditorías de la OMI (2010).
  - Sistema Nacional de Datos del Mar – Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (2010).

## ANEXO V

### Referencias a la Política Oceánica Comparada

- *Blue Paper* de China.
- *Green Document* de Corea.
- *Green Paper* de la Política Marítima Europea.
- Política Oceánica Nacional (Australia, Brasil, Canadá, China, Colombia, Japón, Noruega, Portugal, Federación Rusa, Estados Unidos de América). IOC Technical Series 75.
  - Planes marinos regionales (Australia).
  - Comisión Colombiana del Océano.
  - Consejo Nacional Oceánico (USA). Ocean Policy Trust Fund.
  - Chile y los planteamientos de una Política Oceánica para el Futuro (*Jorge Arancibia Clavel – Revista de Marina 1/2001*).
    - *Blueprint for Ocean and Coastal Sustainability – A summary for Decision Makers made by IOC, IMO, FAO, UNDP as a context for Rio+20 discussions*.
    - "*An Ocean Blueprint for the 21st. Century. Final Report*", U.S. Commission on Ocean Policy, Washington, DC, 2004.
    - "*Canada's Ocean Action Plan*", resultado de la Oceans Act de 1996, y de la aplicación del Canada's Oceans Strategy de julio de 2002.
    - "*An index to assess the health and benefits of the global ocean*", Halpern B.S. et al.,



Nature online, 15 August 2012.

- “*Maritime Security and the Southern Cone: Argentina, Brazil and Chile*”, Robson, Marin. The Corbett Center for Maritime Policy Studies, King’s College London. June 2011.



**Este trabajo fue redactado por el siguiente grupo de Académicos:**

Enrique J. Aramburu  
Luis Baqueriza<sup>†</sup>  
Alberto E. Dojas  
Alejandro R. Luppi  
Javier A. Valladares (coordinador)

**El texto de estas Pautas ha sido enriquecido con valiosos comentarios  
y aportes recibidos de:**

Antonio Cornejo,  
Academia Nacional de Geografía  
Julio A. Hang,  
Instituto de Seguridad Internacional y Asuntos  
Estratégicos  
Diego E. Leivas, Fundación Escuela Goleta del  
Bicentenario  
Adalberto Rodríguez Giavarini, Consejo Argentino  
para las Relaciones Internacionales  
Eva Sarka, Grupo de Estudio de Sistemas Integrados  
Oscar A. Vardé, Academia Nacional de Ingeniería

**Y también de:**

Carlos L. Alfonso  
Frida M. Armas Pfirter  
Mario Cadenas Madariaga  
Carlos D. Carbone  
Néstor A. Domínguez  
José Luis Estévez  
Francisco A. Galia



Fernando A. Georgeadis  
Carlos A. Louge  
Eduardo A. Rodríguez  
Diego E. Roquero  
Gilberto N. Rossi  
Ariel H. Troisi  
Romano Visconti

**¡Para todos los que han contribuido nuestro agradecimiento!**

## Referencias

<sup>i</sup> Conceptos tomados de *New frontiers in sciences diplomacy*, The Royal Society, 2010. Disponible en: <http://royalsociety.org/policy/publications/2010/new-frontiers-science-diplomacy/>.

<sup>ii</sup> Ariel W. González: (*Re*) Encontrar el Mar: Argentina y el conocimiento científico de los océanos. Hacia una jurisdicción eficaz en nuestros espacios marítimos, Instituto del Servicio Exterior de la Nación, Buenos Aires, 2012.

<sup>iii</sup> El interés nacional exige acuerdos, La Nación, Buenos Aires, 16 de octubre 2002.

<sup>iv</sup> De acuerdo con la Convención sobre Derecho del Mar de las Naciones Unidas.

<sup>v</sup> Declaración de Río de Janeiro sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, principio 15.

Disponible en: <http://www.un.org/documents/ga/conf151/aconf15126-1annex1.htm>.

<sup>vi</sup> Traducción libre de: Charles François: *International Encyclopedia of Systems and Cybernetics*, 2<sup>nd</sup>. Edition, München, Saur Verlag, 2004.

<sup>vii</sup> Traducción libre de: Charles François: *International Encyclopedia of Systems and Cybernetics*, 2<sup>nd</sup>. Edition, München, Saur Verlag, 2004.

