

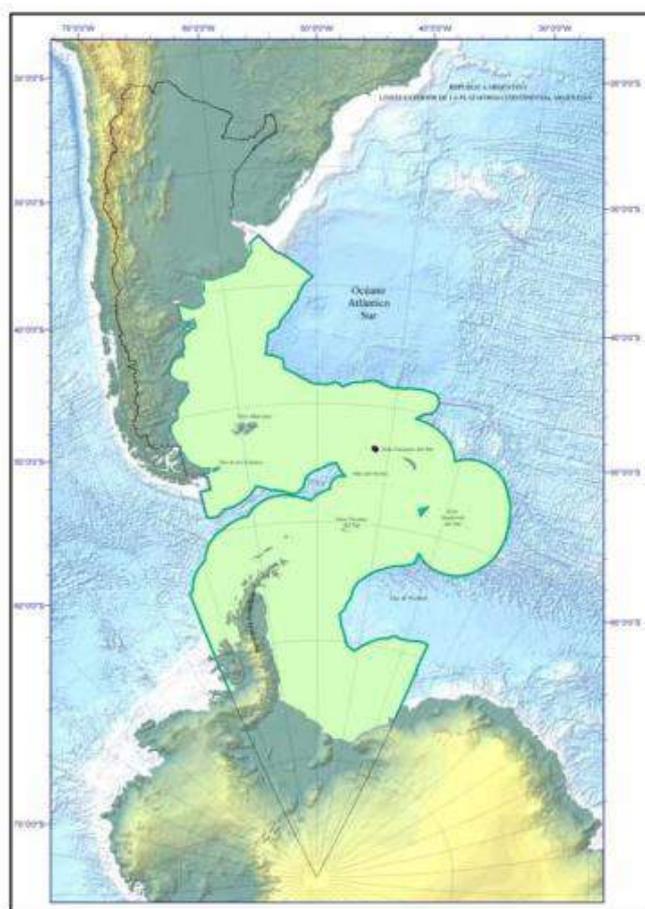
En eterna patrulla: ARA San Juan y Tripulantes
In Memoriam

ENERGÍAS DEL MAR

CATÁLOGO 2018

Recopila Proyectos, Iniciativas,
Instituciones, sobre Energías del Mar
Argentino y resto del mundo

2^{da} EDICIÓN, Diciembre 2018







FECHA	REVISION	EMISOR	CONTROL
12/12/2019	SEGUNDA EDICIÓN aprobada para publicación, v5	JP-AH-HC-MP	Plenario GEMA
27/04/2018	SEGUNDA EDICIÓN-v3	JP-MP-SB	MP
19/04/2018	SEGUNDA EDICIÓN-v2	JP-AH-HC-MP	MP
27/12/2017	SEGUNDA EDICIÓN-v1	JP-AH-HC	MP
25/11/2014	PRIMERA EDICIÓN aprobada para publicación	AH-JP-HC	Plenario GEMA
21/11/2014	Rev. H versión para publicación	LC	AH-JP-HC
06/11/2014	Rev. G Borrador p/ corrección de texto	AH-JP-HC	LC
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 capítulo 2	HC	
12/5/2014	A parcial para comentarios	HC	JM

✓ Referencias:

- HC: Hugo Carranza JP: Jorge Pozzo
- AH: Alejandro Haim MP: Mario Pelissero
- SB: Sebastián Bagnasco LC: Lucia Carranza

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
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.



Energías del Mar

Catálogo 2018

GRUPO DE INTERÉS EN ENERGÍAS DEL MAR ARGENTINO

Recopila proyectos, iniciativas,
instituciones, sobre Energías del
Mar Argentino y resto del mundo

2^{da} EDICIÓN, Diciembre 2018

Energías del mar : catálogo 2018 : recopila proyectos, iniciativas, instituciones, sobre energías del mar argentino y resto del mundo / Hugo Alberto Carranza ... [et al.] ; compilado por Jorge Carlos Pozzo. - 2a ed ampliada. - Olivos : Hugo Alberto Carranza, 2014.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-86-0032-1

1. Conversión de Energía. 2. Energía de las Mareas. 3. Fuente de Energía Renovable. I. Carranza, Hugo Alberto. II. Pozzo, Jorge Carlos, comp.
CDD 333.794

El 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 2018.

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.

ISBN 978-987-86-0032-1





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...



Autores de la segunda edición del CATÁLOGO 2018



Alejandro Pablo Haim – Presidente del GEMA
Mg. Ing. Mecánico UTN, Magister en Energías Renovables UTN. Profesor e Investigador. Consultor en Energía. Autor de trabajos en la especialidad. Director Proyecto Undimotriz UTN FR BA



Hugo Alberto Carranza- Vicepresidente del GEMA
Ing. Electricista UTN, especialista en Gas Natural IPUBA
Consultor en Energía, Profesor de grado y postgrado, Autor de libros y trabajos. Miembro de Número de la Academia del Mar



Jorge Pozzo . Director Ejecutivo del GEMA
Ing. Electricista UTN – Magister en Defensa Nacional UNDEF – Posgrado Especialista Geofísica UNCo– Investigador en energías marinas, escritor, articulista y conferenciante invitado. Experto en operaciones on y offshore en la industria petrolera



Mario Pelissero - Director Honorario el GEMA
Ing. Químico. UTN y Especialista en Higiene y Seguridad Laboral. UBA.
Docente de la asignatura Química Aplicada. Esp. Ing. Mecánica. UTN FR Buenos Aires y Haedo.
Investigador Científico Categorizado . Ministerio Educación y UTN.



Sebastián Bagnasco - Director Académico del GEMA
Ing. en Sistemas Informáticos. UTN
Docente
Consultor de Business Intelligence

ÍNDICE

SECCIÓN I	11
1. ACERCA DEL GEMA	11
2. INTEGRANTES DEL GEMA	13
3. AUTORES DEL CATÁLOGO 2014	15
4. REVISORES DEL CATÁLOGO 2018	15
5. AGRADECIMIENTOS	16
SECCIÓN II	17
1. NUESTRO MAR	17
2. EL “MAR ARGENTINO”	19
SECCIÓN III	22
1. INTRODUCCIÓN	22
2. ESTADO DEL ARTE DE LA TECNOLOGÍA EN EL MUNDO	30
3. TECNOLOGÍAS	32
3.1 ENERGÍA MAREOMOTRIZ	32
3.2 ENERGÍA UNDIMOTRIZ	50
3.3 ENERGÍA DE CORRIENTES MARINAS y FLUVIALES	108
3.4 TÉRMICA MARINA	125
3.5 GRADIENTE SALINO	135
4. INTERCONEXIONES	141
4.1 INTERCONEXION A REDES	141
4.2 NORMAS Y PROCEDIMIENTOS	150
5. PROYECTOS HISTÓRICOS	151
5.1 INTRODUCCIÓN	151
5.2 ESTUDIOS REALIZADOS EN PENÍNSULA DE VALDEZ	154
5.3 NEGATIVAS A LOS PROYECTOS EN PENÍNSULA DE VALDEZ	159
5.4 RESUMEN CRONOLÓGICO DE ESTUDIOS	161
6. PROYECTOS EN ESTUDIO, DISEÑO O CONSTRUCCIÓN	163
6.1 PROYECTOS CONOCIDOS	163
6.2 DESCRIPCION DE LOS PROYECTOS RELEVADOS	164
SECCIÓN IV	180
CONCLUSIONES	180
SECCIÓN V	182
ANEXOS	182



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 las energías marinas. Este Grupo no sólo recopila experiencias en Argentina sino también de distintos lugares del mundo, este Catálogo que comprende 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.

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.

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 Nicolás. 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 Cristóforo. Norma. Dra. Ing. – Universidad Tecnológica Nacional–FR SC
- Guillermo, Eduardo. Ing. – Universidad Tecnológica Nacional –FR BB
- Haim, Alejandro. Ing. – Universidad Tecnológica Nacional – FR BA
- 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. – Universidad Tecnológica Nacional – FR GP
- Pozzo, Jorge. Ing. – YPF
- Prieto, Gonzalo. CF– Escuela Naval Militar
- Seisedos, Gustavo. Ing. – Y-TEC, YPF Tecnología
- Szewczuk, Osvaldo. Ing. – Universidad Tecnológica Nacional – FR SC
- 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. – Universidad Tecnológica Nacional – FR GP
- Grunschlager, Gustavo. CM – INUN, Instituto Universitario Naval
- Nizovoy, Jorge. Ing. – CIGRE, Comité Internacional de Grandes Redes Eléctricas
- Pelissero, Mario. Ing. – Universidad Tecnológica Nacional-FR BA
- Sardi, Oscar. Ing. – TGS, Transportadora de Gas del Sur
- Tula, Roberto. Prof. – Universidad Tecnológica Nacional – FR BA
- Smoglie, Cecilia. Dra. Ing. – 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. Cte. VGM - INUN
- Allegrino, Juan B. - Lic. Matemática – Lic. Oceanografía – Ezcurra & Schmidt S.A.
- Bagnasco, Sebastián. Ing. – Universidad Tecnológica Nacional – FR BA
- Bonini, Julieta María. Lic. – INUN
- Campos, Guillermo. Capitán Ultramar – TOTAL S.A.
- Di Prátula, Horacio Raúl. Dr. – UTN FR BB
- 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. Ezcurra & Schmidt S.A.
- Fusca, Andrea Noemí. Prof. – Universidad Tecnológica Nacional – FR BA
- Federico, Antonio. Ing. – CAI
- Galia, Francisco. Cte. VGM, Lic. – UTN Rectorado
- Gianola, Alberto Eduardo. Capitán Ultramar – Consultor
- Ibáñez, Cecilia. Ing. – Universidad Tecnológica Nacional – FR SC
- Jauregui, Jorge M. CC – ARA
- Lavorante, María José. Lic. – CITEDEF
- León, Horacio. Ing. – Universidad de la Patagonia Austral, U.A. Caleta Olivia
- Librandi, Rubén. Ing. – TGN
- Lifschitz, Ana Julia. Mg. – UTN Rectorado
- Pereira, María Antonia. – UTN FR GP
- Raccanello, Mario. Mg. – MinCyT – AESIAL
- Ramírez, Alejo Nahuel. Tesista – Universidad Católica Córdoba
- Reyes, Diego Eugenio. Lic. – UTN FR BB
- Scotto, Alberto. CN VGM – INUN
- Segura, Gastón. Ing. – Universidad Tecnológica Nacional – FR SC
- Trentadue, Carlos. Ing. – ITBA, UTN FR GP
- Triviño, Macarena. Ing. – Universidad Tecnológica Nacional – FR SC
- Tufiño, Gustavo Joaquín. CN VGM – Fundación Goleta del Bicentenario
- Valladares, Javier. Lic. – Academia del Mar
- Villa Gustavo Ing. – UTN FR GP
- Villar, Alberto. Emprendedor privado

3. AUTORES DEL CATÁLOGO 2014

- Castro Rivas, Eduardo. – Clte. VGM – INUN
- Carranza, Hugo A. – Ing. – Academia del Mar
- de Cristóforo, Norma – Dra. Ing. -UTN FR SC
- Galia, Francisco. – Clte. VGM Lic. – UTN Rectorado
- Guillermo, Eduardo. – Mg. Ing. -UTN FR BB
- Haim, Alejandro. – Mg. Ing. Mecánico UTN FR BA
- Luppi, Alejandro. – Ing. en Petróleo – Academia del Mar
- Mastrángelo, Sabino. – Ing. Mecánico – ITBA
- Meira, Juan. – Ing. en petróleo – Secretaría de Energía
- Pozzo, Jorge. – Magister, Ingeniero Electricista – YPF
- Reyes, Diego. – Licenciado – UTN FRBB
- Seisedos, Gustavo. – Ing. Electrónico – YPF
- Szewczuk, Osvaldo. – Ing. Mecánico – UTN FR SC
- Valladares, Javier. – Lic. en Oceanografía – Academia del Mar

4. AUTORES Y REVISORES DEL CATÁLOGO 2018

- Carranza, Hugo A. – Ing. Electricista – Academia del Mar
- Haim, Alejandro. – Mg. Ing. Mecánico – Proyecto Undimotriz UTN FR BA
- Pozzo, Jorge – Mg. Ing. Electricista – YPF – Proyecto Undimotriz UTN FR BA
- Pelissero, Mario. – Ing. Químico – Proyecto Undimotriz UTN FR BA
- Bagnasco, Sebastián. – Ing. en Sistemas de Información – Proyecto Undimotriz UTN FR BA
- Otros: citados a pie de página en cada párrafo que aplique

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, y por la invitación a la presentación del catálogo del 25 de junio de 2015.
- Autoridades de la Escuela Naval Militar por facilitar las instalaciones y por la hospitalidad brindada durante la realización de la 1ª 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 2ª 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 3ª reunión Plenaria del 27 de mayo de 2016.
- A las Autoridades del Servicio de Hidrografía Naval por facilitar las instalaciones y por la hospitalidad brindada durante la realización de la 4ª reunión Plenaria del 12 de Diciembre de 2018.
- A la traductora Lucía Teresa Carranza por su generosa contribución en la revisión del texto de La primera edición del catálogo.



SECCIÓN II

1. 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 Storni¹ 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.”*¹

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.

¹ Storni Segundo R, Vicealmirante., *Intereses Argentinos en el Mar*, 1916.

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.

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 cuasi 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.

2. EL “MAR ARGENTINO”²

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).

²En 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.

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 supra yacentes a la “plataforma continental”³. 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.

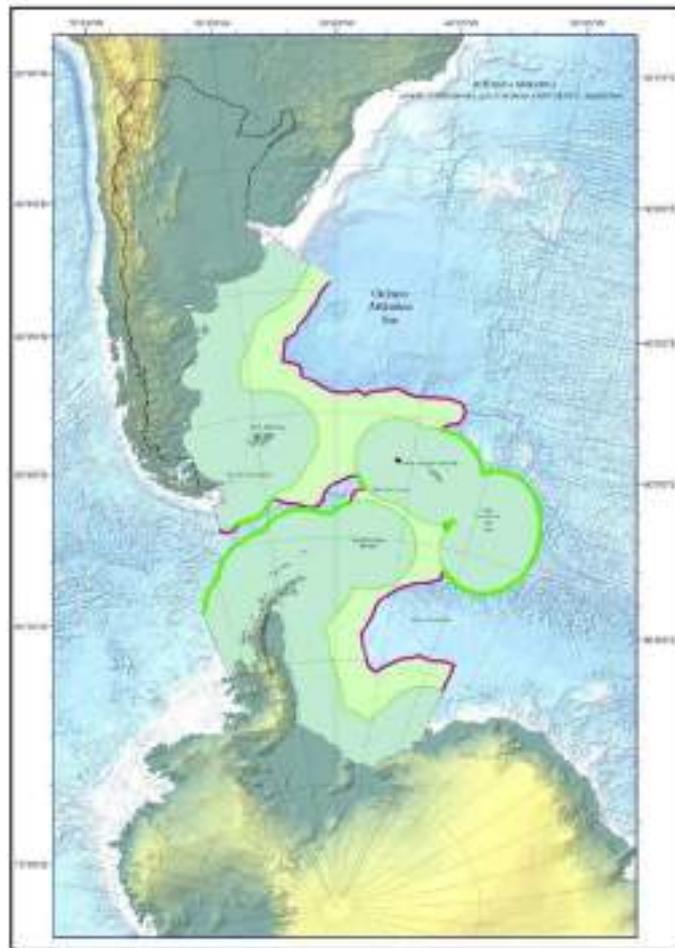


Ilustración 1 - Mapa que diferencia las zonas comprendidas entre la línea de base y las 200 millas náuticas y entre esta última y el límite exterior.⁴

³ La Ley 23968 (líneas de base de la República Argentina) tiene incorporada una serie de cartas náuticas del SHN con el toponímico Mar Argentino.

⁴ COPLA, Límite exterior de la plataforma continental argentina, Resumen ejecutivo.

La Ley 23968 (líneas de base de la República Argentina) tiene incorporada una serie de cartas náuticas del Servicio de Hidrografía Naval con el toponímico Mar Argentino. En 1997, se confeccionó el Plan Nacional Plurianual de Ciencia y Tecnología para 1998-2000, aprobado por la entonces Secretaria 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).

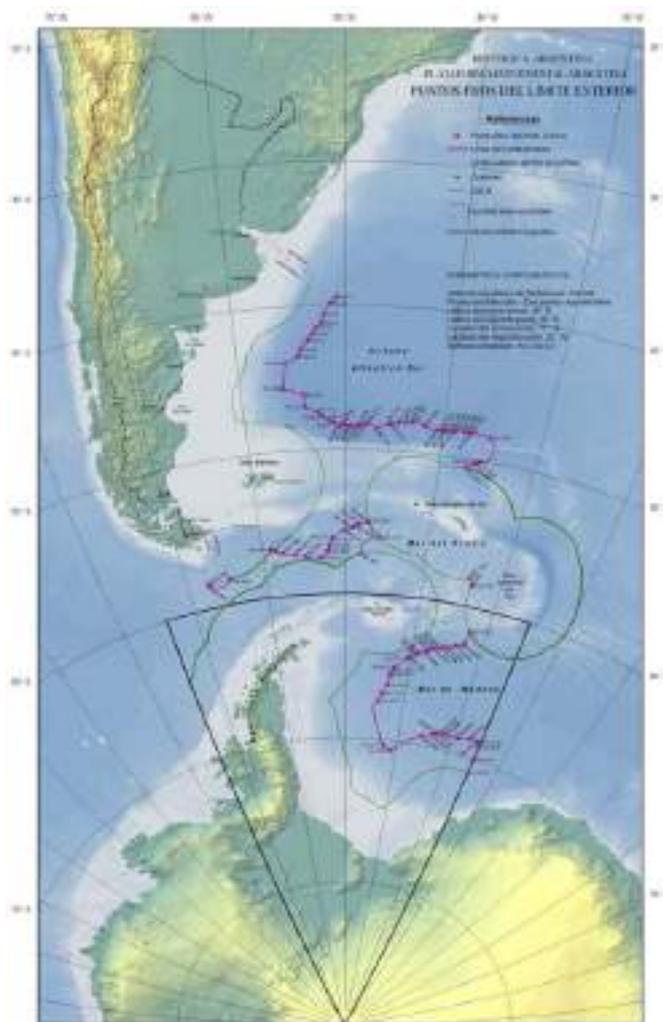


Ilustración 2 - Mapa con los puntos fijos del límite exterior de la plataforma continental argentina.

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 actualizada 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 km² de territorio continental se adicionan 4,8 millones de km² de aguas bajo soberanía y jurisdicción nacional, hasta las 200 millas, y otros 1,8 millones de km², 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 km². 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.

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

Tabla 1 - Elaborado por el Servicio de Hidrografía Naval con datos propios y del Instituto Geográfico Nacional. 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 16.000.000 km² y se designó a la Armada Argentina la autoridad de aplicación del citado instrumento.

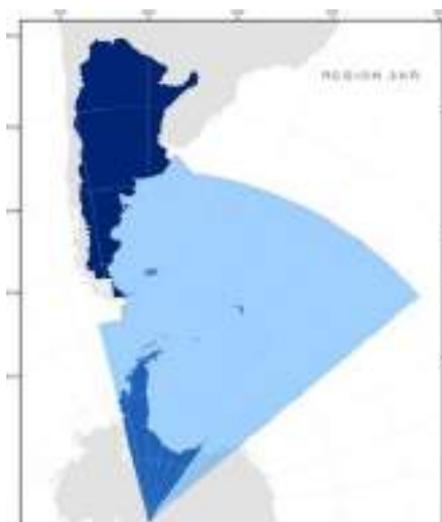


Ilustración 3 – Área de responsabilidad en Búsqueda y Rescate (SAR)

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 km² frente a un promedio nacional de 14,4 habitantes por km² y valores de 60 habitantes por km² en la provincia de Buenos Aires junto con la ciudad de Buenos Aires.⁵

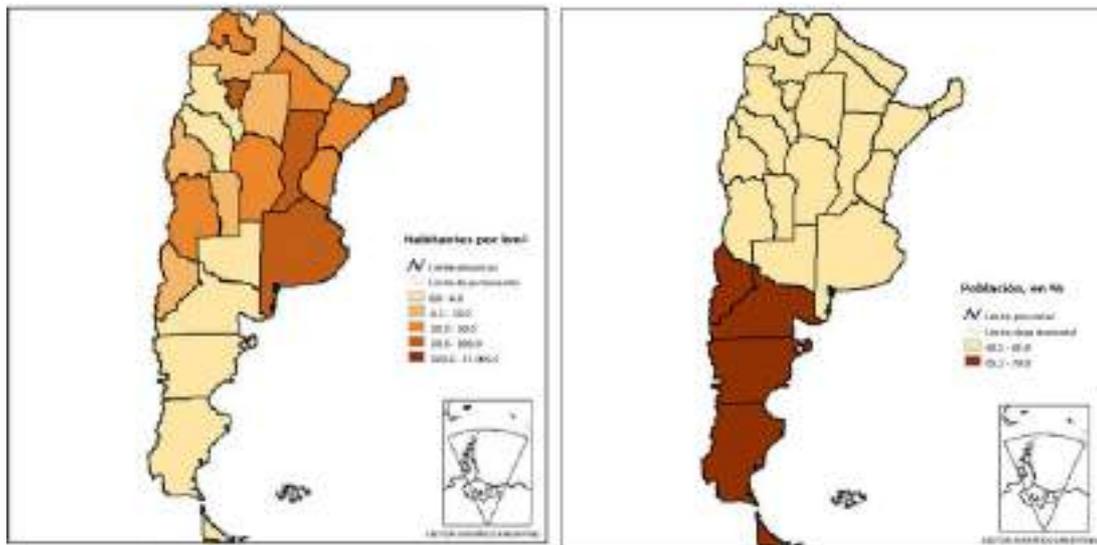


Ilustración 4 – Izq.: Densidad de población (Año 2010). Der.: Población de 15 a 64 años, porcentual (Año 2010).

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.

⁵ Solo superficie continental e Isla de Tierra del Fuego. Fuente Censo 2010 INDEC

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 mientras que en 1900 alcanzaba a 1.600 millones de habitantes. En 1950, creció hasta los 2.500 millones de habitantes, menos de la mitad de los 7.000 millones actuales.

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 G habitantes	Demanda de energía	TEP/habitante
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%

Tabla 2 – Datos IEA

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.

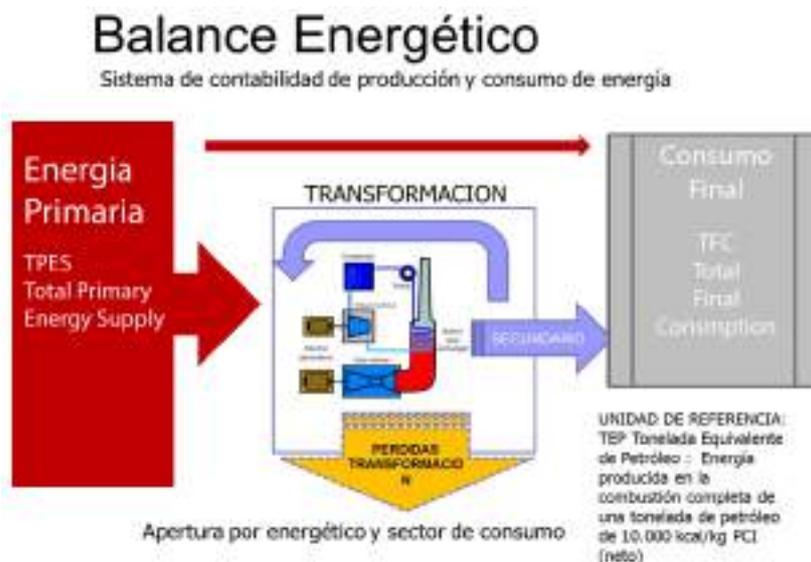


Ilustración 5 – Balance Energético. Sistema de contabilidad de producción y consumo de energía

Es importante determinar si se está hablando de producción energética primaria (en el estado en que son producidos o extraídos de la naturaleza) o secundaria (después de sufrir un proceso de transformación físico o químico o de cambio de estado comercial).

La producción total de energía primaria en el mundo superó el valor de 13.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo (MTEP) cuyo origen fue:

Energético Primario	Producción Anual 2015 GTEP	%
Carbón	3,8	28,3
Petróleo	4,4	31,8
Gas Natural	2,9	21,6
Nuclear	0,7	4,9
Hidráulica	0,3	2,6
Otros	1,5	10,6
TOTAL	13,6	100

Tabla 3 – Datos de IEA

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.

World CO₂ emissions from 1971 tp 2012 by fuel (Mt of CO₂)

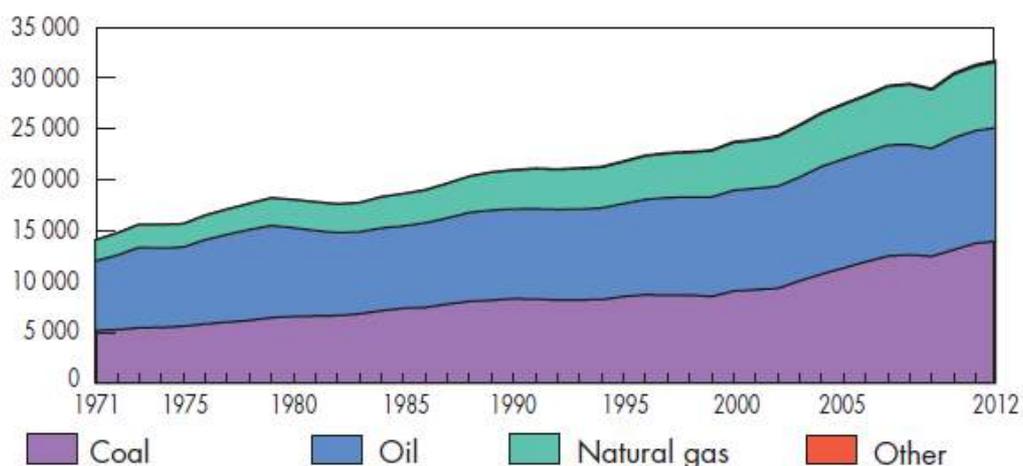


Ilustración 6 – Emisión mundial de CO₂ por combustibles desde 1971 hasta 2012

Para los países importadores de energía, la “diversificación de fuentes” se ha planteado como una necesidad estratégica, con el resultado del aumento del porcentaje de las energías 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 2016, la demanda de energía primaria (oferta interna) es de 80 MTEP con los siguientes porcentajes de aporte por energético:

Energético Primario	Porcentaje %
Hidráulica	4,1
Nuclear	2,8
Gas Natural	53,6
Petróleo	32,0
Otros	7,5

Tabla 4 – Datos de IEA

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.

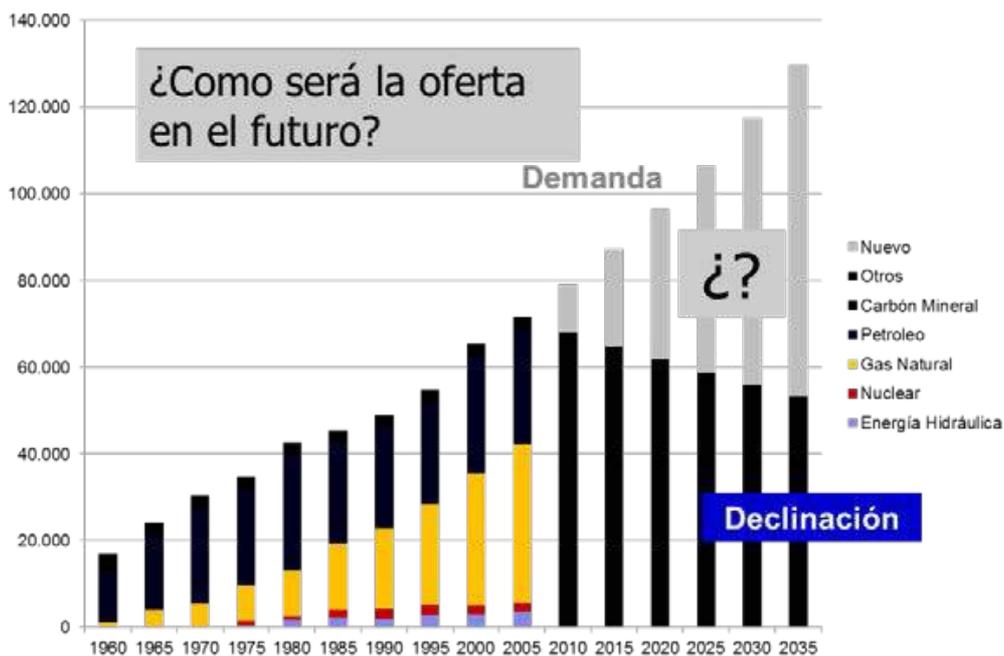


Ilustración 7 – ¿Cómo será la oferta del futuro?

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 su mayor parte desconocidos o sin cuantificar. Entre estos, cabe mencionar el potencial energético del Mar Argentino que incluye hidrocarburos y recursos no convencionales, como la energía eólica costa afuera y la energía oceánica, es decir, aquella proveniente de las olas, corrientes, mareas y gradientes térmicos y salinos.

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

Nuestro país cuenta uno de los territorios marinos más extensos del mundo, sin embargo la información de su aprovechamiento es escasa y dispersa. El propósito del presente CATALOGO GEMA 2018 es aportar más información e incentivar el desarrollo de estas tecnologías con la certeza de que, si bien económicamente 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 participantes de este grupo 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.



2. ESTADO DEL ARTE DE LA TECNOLOGÍA EN EL MUNDO

INTRODUCCIÓN

Al panorama tecnológico lo hemos tipificado en el Estado del Arte⁶, lo que nos ha significado rastrear, clasificar⁷ y catalogar lo publicado a nivel mundial en cuanto a los avances en la captación de la energía del mar. A la fecha, a los sistemas identificados los clasificamos en cinco grandes grupos: mareas, corrientes, undimotriz, térmica marina y gradiente salino. El 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, centrales mareomotrices, e inclusive la térmica marina hay avances que superaron la etapa puramente teórica. Por lo tanto, esto ha ajustado todavía más nuestra sistematización del estado del arte, centrándonos en estos cuatro últimos sistemas generadores que tienen o han tenido en fechas cercanas, equipos construidos e instalados de forma experimental o en funcionamiento comercial.

OBJETO DE ESTUDIO

Asimismo, todas las instalaciones a las que hacemos referencia producen energía 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 para 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 serán considerados en el presente trabajo.

⁶ 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/, el 20 julio 2014

⁷ 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

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 difundido 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.



3 TECNOLOGÍAS

3.1 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 la masa 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; dicho movimiento es captado por un eje que mueve un generador para producir energía eléctrica. De esta manera, se transforma la recurso mareomotriz en energía eléctrica, que resulta ser manifestación de energía más utilizada por la humanidad. Es un tipo de energía renovable y limpia.

La historia de la energía mareomotriz tuvo su origen en la antigüedad. La evidencia más temprana del uso de las mareas del océano para la conversión de energía se remonta a unos 900 DC, 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 naturales del mar 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 cereales 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 a escala comercial fue construida en los alrededores de Saint Malo, Francia.



CENTRALES O ARTEFACTOS CONSTRUÍDOS

CENTRAL MAREOMOTRIZ LA RANCE ⁸. FRANCIA

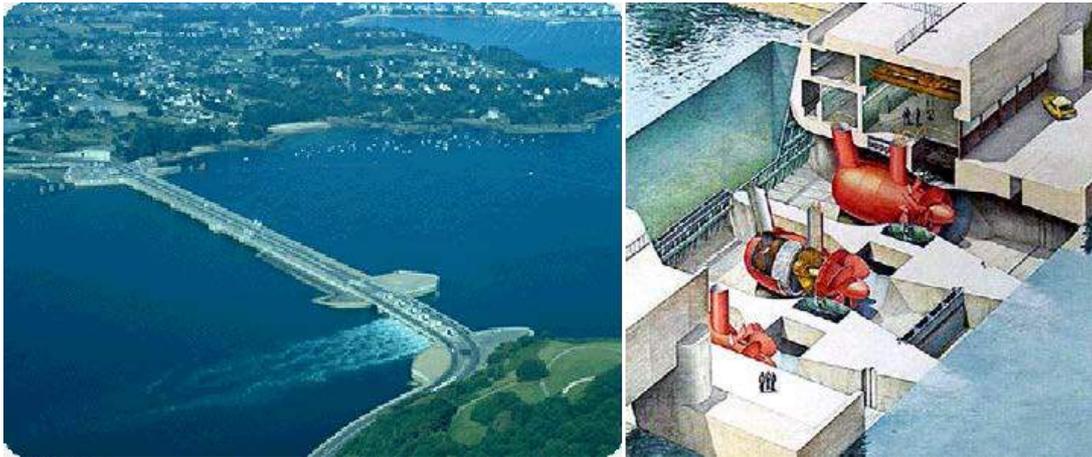


Ilustración 8 - Central Mareomotriz de LA RANCE

La construcción de esta central comenzó en 1960 en Francia; la tecnología aplicada consiste en una presa de 330 m de largo y una cuenca de 22 km² 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 direcciones de 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 o sea que el impacto ambiental es mínimo. Además en la represa existe un camino vial de dos carriles dobles permitiendo ahorrar alrededor de 28 kilómetros para cruzar el río. 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.

⁸ Fuente: Universidad de Cantabria, Pedro Fernández Díez

ANNAPOLIS ROYAL TIDAL STATION. USA-CANADÁ

Está situada en el río Annapolis en la Bahía Fundy, en la frontera de Estados Unidos y Canadá. La amplitud máxima de la marea puede alcanzar los 15 m. La altura del dique es de 30,5 m y la longitud de 46,5 m. El aprovechamiento se consigue con una turbina Straflo de 18 MW, en experimentación desde 1984 el caudal que circula es de $400 \text{ m}^3/\text{s}$. Es axial, de 4 palas, e incorpora un alternador de 144 polos. Funciona como turbina sólo en un sentido, tiene mayor rendimiento que la turbina tipo bulbo y su desarrollo tuvo problemas inherentes a la estanqueidad del alternador.



Ilustración 10 - Annapolis Royal Tidal Station¹¹

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 componentes¹².

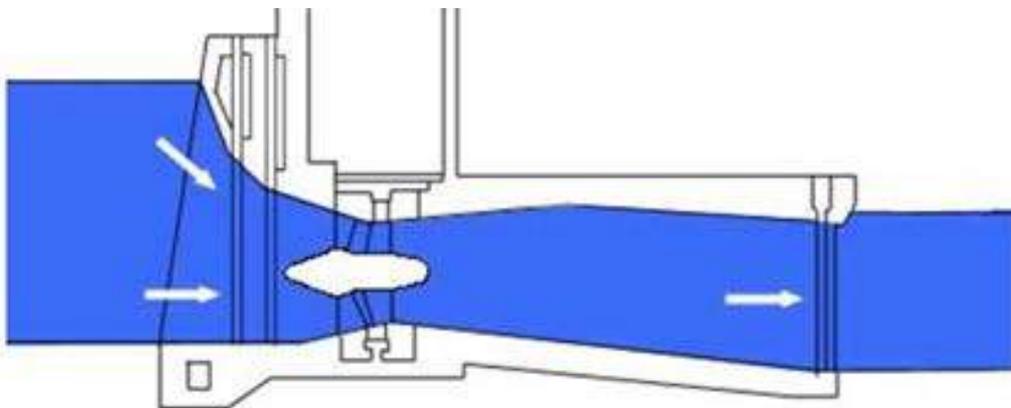


Ilustración 11 - Turbina Straflo

¹¹ Ver en <http://www.industcards.com/hydro-canada.htm>

¹² Real Academia de Ingeniería. Ver en <http://www.viajes.ilunion.com/es/lema/turbina-hidr%C3%A1ulica-de-straflor>

La planta de energía de turbinas mareales Annapolis Royal de 20 MW continúa operando en la actualidad. Esta planta pertenece y es operado por Nova Scotia Power (una subsidiaria de la empresa de servicios públicos EMERA). Annapolis Royal es la única planta de energía mareomotriz comercial en América del Norte.¹³

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 diferencia de mareas; está ubicada en la bahía Fundy, la diferencia de altura de mareas es de 18 m (Annapolis tiene 15 m) desde 2016 su potencia instalada es de 2 MW, con posibilidades en el futuro de llegar a producir hasta 4 MW, 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 ton, tiene 16 m de diámetro y se sostiene por sendos pilotes apoyados sobre una base.

La turbina fue recuperada en junio de 2017 para permitir actualizaciones técnicas.



Ilustración 12 - Transportada sobre 2 pontones¹⁴



Ilustración 13 - Esquema¹⁵

¹³ OES – Annual Report 2017, página 54. (consultado marzo 2017)

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

¹⁵ Ver en <http://image.digitalinsightresearch.in/Uploads/ImageLibrary/Active/2016Q3/1.Business%20Review/EBR/openhydro-turbine.jpg>

TURBINA OPENHYDRO

Un paso importante se ha dado en el avance de la capacidad de generar electricidad a partir de múltiples turbinas en el mar y transmitir a la costa a través de un solo cable. Se está planificando para la próxima implementación en Cape Sharp un sistema experimental de 2 turbinas interconectadas de 2 MW.



Ilustración 14 - Turbina Cape Sharp Tidal de 2MW en el puerto después de una recuperación exitosa

Desde el despliegue de la turbina, Cape Sharp y FORCE emitieron tres informes de monitoreo ambiental satisfactorios basados en el Programa de Monitoreo de Efectos Ambientales (EEMP)¹⁶.

MAREOMOTRIZ PAIMPOL-BRÉHAT. FRANCIA

GE Power Conversion realizó la puesta en marcha de la primera instalación submarina de aprovechamiento de las mareas del mundo, el proyecto fue denominado Paimpol-Bréhat Tidal Array; el sitio de prueba está situado al norte de Nantes, en la costa atlántica francesa. Este proyecto se inició en 2012, como un ensayo en Paimpol-Bréhat en Bretaña. Allí se realizaron los ensayos en el mar del primer prototipo de 2 MW, diseñado por Open-Hydro. Una segunda turbina para ese sitio fue instalada con éxito por OpenHydro, la turbina llegó a su sitio frente a la costa de Bretaña mediante una barcaza; la turbina fue depositada en el lecho marino en menos de una hora por la barcaza. Esta segunda turbina de 16 m de diámetro se encuentra cerca del primer dispositivo y opera a una profundidad de 40 m.

Normandy Hydro En 2014, se llevó a cabo este proyecto con siete turbinas de marea en Alderney entre la península de Cotentin y las Islas del Canal de la Mancha. Esta tarea fue realizada por la compañía eléctrica francesa EDF. Las turbinas son de centro abierto, cada una con una potencia de 2 MW, su peso es de 850 ton y con 16 m de diámetro, el salto de mareas es de 6 m; está en funcionamiento desde 2016^{17,18}.

¹⁶ OES – Annual Report 2017. Pág. 54.

¹⁷ <https://www.edf.fr/en/the-edf-group/industrial-provider/renewable-energies/marine-energy/marine-current-power>

¹⁸ INA (Instituto Nacional del Agua). Laboratorio de Hidráulica. Ezeiza /Buenos Aires/Argentina

Esta fue la primera vez que fue utilizada la tecnología TCC para el control de turbina OpenHydro; esto marcó un importante avance en la capacidad de generar electricidad a partir de múltiples turbinas en el mar; este sistema controla la turbina y convierte la corriente alterna en corriente continua de alto voltaje, minimizando así las pérdidas de energía que podrían producirse en los 16 km hasta la costa. Cuando las turbinas estén conectadas el proyecto será el primer conjunto enlazado a la red. Un solo cable tocará tierra, transportando 1 MW de energía a la red eléctrica francesa.

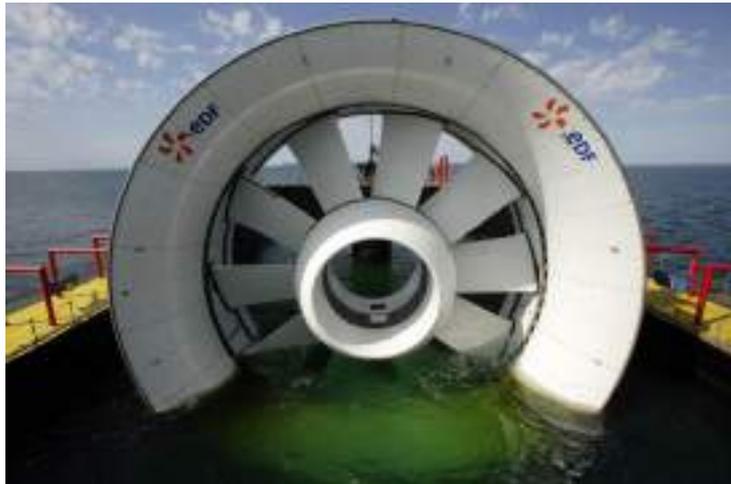


Ilustración 15 – Turbina OpenHydro

La rotación de la turbinas impulsa un alternador que genera una corriente eléctrica variable que depende de las corrientes marinas, en este caso producida por la diferencia en altura de las mareas. La electricidad se transforma en un convertidor antes de ser transmitida a la costa y así alimentar a la red eléctrica.

Habiendo obtenido el contrato y permisos del gobierno francés, se piensa en conectar las turbinas a la red eléctrica en 2018. Algunos autores hablan de un TW almacenado en los océanos, energía suficiente desde esa compañía explican que serviría para iluminar diez mil millones de lámparas eléctricas de 100 W a la vez.



Ilustración 16 – Convertidor de corriente eléctrica.

POWER STATION ULDOLMOK. COREA DEL SUR

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



Ilustración 17 - Power Station Uldolmok Tidal 19



Ilustración 18 - Uldolmok Strait, Corea del Sur

El gobierno de Corea del Sur puso en funcionamiento la planta el 14 de mayo de 2009. Costó USD 10 millones 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 actuar ante los flujos alternados de las mareas generando 2,4 GWh al año, lo suficiente para satisfacer la demanda de 430 hogares. Adicionalmente, en junio de 2011 se sumaron 0,5 MW.

El Estrecho Uldolmok tiene velocidades de agua de marea que superan los 6,5 m/s, el ancho del estrecho es de aproximadamente 300 m.

EASTERN SCHELDT TOCARD. 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 comercial de mareas consta de un conjunto de cinco turbinas. Las turbinas son modelo Tocado T2²⁰ están equipadas con palas bidireccionales por lo cual producen electricidad en el flujo y reflujos. Las compuertas se cierran solamente cuando se acerca una fuerte tormenta.

¹⁹ Fuente: <http://tethys.pnnl.gov/annex-iv-sites/uldolmok-tidal-power-station>

²⁰ Datos del fabricante: Tocado International BV - Sluiskolkade 2, 1779GP, Den Oever, The Netherlands (head office) P: +31-227-726 200 - E: sales@tocardo.com - Web: www.tocado.com. Información suministrada por Ing. Carlos Trentadue, GEMA.

El modelo T1 es la turbina que está en uso actualmente. Generan energía de manera predecible y rentable, la T1 es la turbina mareomotriz que se ubica en un segmento de mercado para potencias que van desde 50 a 100 kW. El modelo T2 es una mejora del modelo anterior.



Ilustración 19 – Sistemas de turbinas TOCARDO



Ilustración 20 – Mapa del contexto



Ilustración 21 - Mapa de detalle²¹

²¹ 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!8m2!3d51.6086881!4d3.683236?authuser=0>

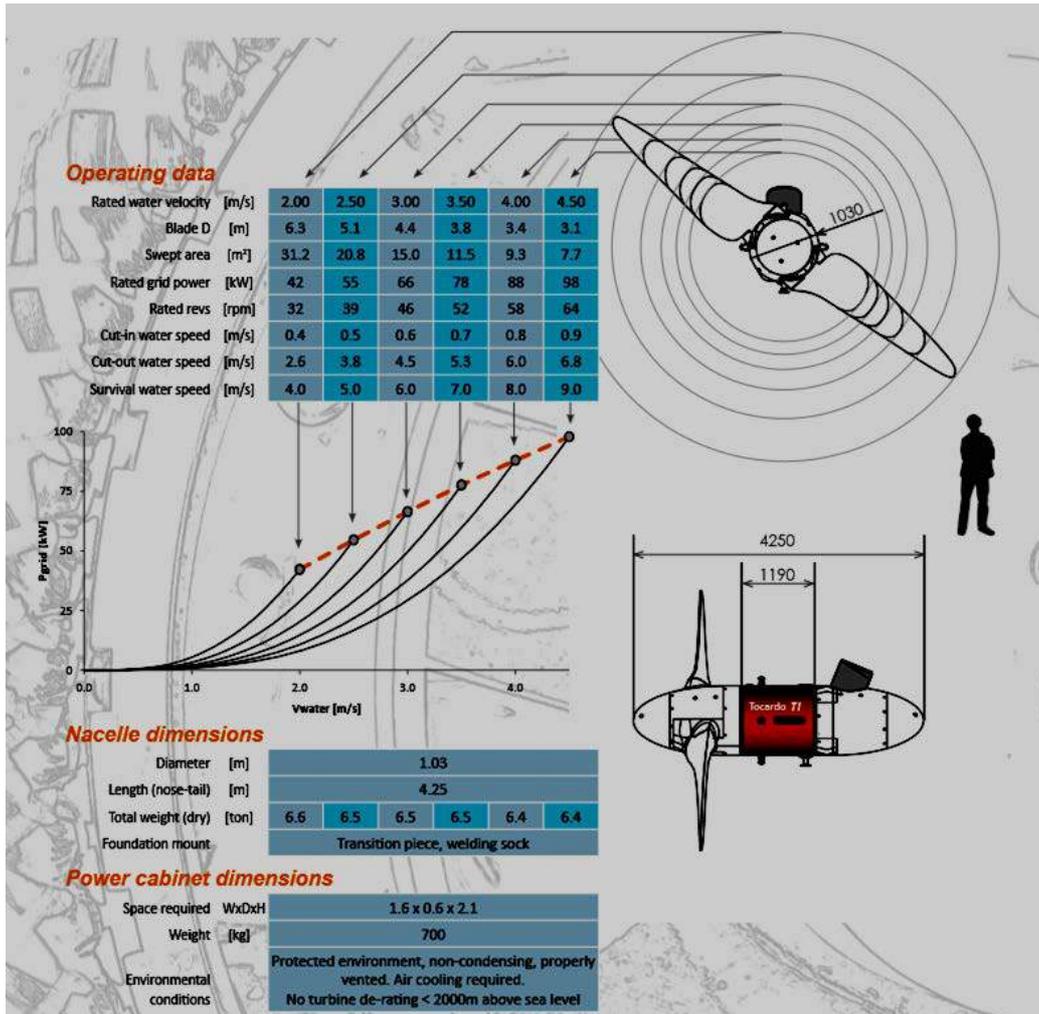


Ilustración 22 - Tocardo Modelo T1 (en uso industrial)

General		Generator	
Number of blades	2	Type	14-pole, permanent magnet, direct drive, variable speed
Power regulation	Fixed pitch, variable speed, multi-stage power curve	Model	Tocado DD702HT
Directionality	Bi-directional, reversible blade	Power conversion	
Power curve up to Vrated	optimised nominal	Converter type	Solid state AC-DC-AC conversion, IGBT drive
Power curve above Vrated	3rd order, stall regulated (overdrive mode)	Feed-in voltage	400V (3x 230VAC)
Water conditions	Fresh- and salt water, temperature < 20 ° C	Feed-in frequency	50Hz / 60Hz

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

Ilustración 23 - Tocardo Modelo T1. Información técnica

SIHWA LAKE TIDAL. COREA DEL SUR

Power Station Sihwa Lake Tidal es la instalación de energía mareomotriz más grande del mundo, con una potencia total de 254 MW, supera los 240 MW de la Central Eléctrica de La Rance que fue la mayor del mundo durante 45 años. La estructura utiliza un dique construido en 1994 para la agricultura y la mitigación de inundaciones. Este dique 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 adecuado del suelo, del agua, la conservación del medio ambiente y las necesidades de la generación de energía.



Ilustración 24 - Power Station Sihwa Lake Tidal ²²

El costo del proyecto fue de USD 293 millones, aproximadamente USD 1 millón 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 km², aunque esto ha sido reducido por la recuperación de tierras y diques de agua dulce. El gobierno planea generar 5.260 GWh a través de la energía mareomotriz en 2020.

JIANGXIA TIDAL POWER STATION. CHINA

La planta de energía mareomotriz Jiangxia se encuentra en Wuyantou, Wenling, provincia de Zhejiang, China. El diseño propuesto para la instalación era de 3 MW, la capacidad instalada actual es de 3,2 MW, generado a partir de una unidad de 500 kW, una unidad de 600 kW, y tres unidades de 700 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 una serie de pequeños pueblos, en un radio de 20 km, a través de una línea de transmisión de 35 kV. La altura máxima de las mareas en el estuario es de aproximadamente 8 m.

²² Fuente: <http://tethys.pnnl.gov/annex-iv-sites/sihwa-tidal-power-plant>

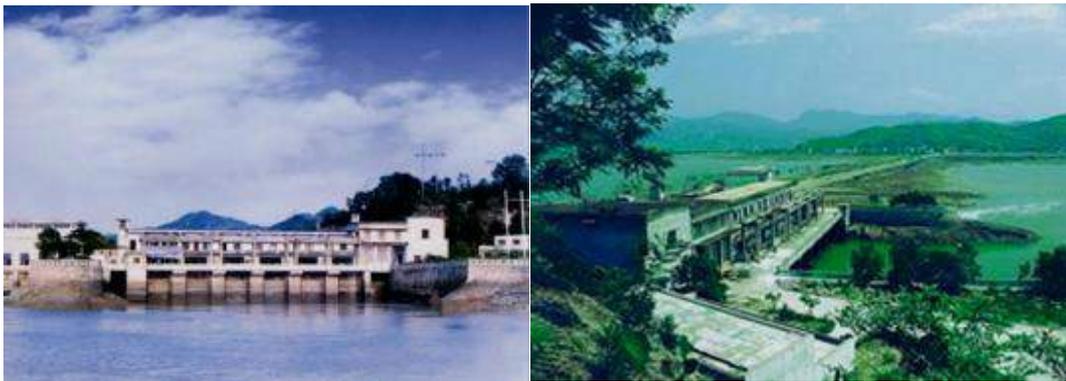


Ilustración 25 – Planta Jiangxia

MEYGEN. ESCOCIA

El parque de turbinas de marea offshore está en etapa de instalación y ensayos²³, dicha área se determinó en el año 2007; el proyecto inició a principios de año 2010; se piensa que entregará energía para el año 2020, las turbinas se instalarán a profundidades entre 31 m y 39 m.

Están en montaje las primeras turbinas de dos diseños: Atlantis y Andritz Hydrohammerfest y se espera llegar oportunamente a los 398 MW con un total de 269 turbinas instaladas.



Ilustración 26 – (izq) Turbinas Meygen (der) Ubicación Meygen

²³ INA (Instituto Nacional del Agua). Laboratorio de Hidráulica. Ezeiza /Buenos Aires/Argentina

ANDRITZ HYDROHAMMERFEST²⁴: estas turbinas de marea se describen mejor como molinos de viento submarinos, sus palas son más cortas y giran a menor velocidad. Diseñadas para profundidades entre 35 y 100 m, las turbinas de marea se despliegan en el lecho marino y se mantienen en posición por simple gravedad o 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 marino no se verá afectado por la presencia de estos equipos. 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 a 2.000 kW (según el sitio).

Regulación de la potencia: Palas de ángulo variable con sistemas de control de torsión y velocidad.

Profundidad de operación: 35 a 100 m.

Área barrida por el rotor: 300 a 500 m².

Velocidad nominal: aprox. 10 rpm.

Tipo de generador: Inducción.

Peso del bulbo: aprox. 130 ton.

Peso de la subestructura: aprox. 150 ton.

Tiempo de vida útil: 25 años.



Ilustración 27 – Dispositivo Andritz

ATLANTIS²⁵: La primera fase del proyecto MeyGen (Fase 1A) implicó el despliegue de 4 turbinas de 1,5 MW instaladas sobre estructuras soporte apoyadas en el fondo por simple gravedad. Cada turbina está ubicada sobre una base individual que pesa entre 250 y 350 ton, junto con 6 bloques de lastre que pesan 1.200 ton que proporcionan estabilidad horizontal durante la vida útil de la turbina.

²⁴ Ver en <http://www.andritzhydrohammerfest.co.uk/tidal-turbines/>

²⁵ Ver en <https://www.atlantisresourcesltd.com/projects/meygen/>



Ilustración 28 – Dispositivo

Cada turbina tiene un cable eléctrico colocado directamente en el lecho marino y llevado a tierra a través de un pozo perforado horizontalmente en el suelo rocoso. Atlantis proveerá 86 MW de potencia y el resto lo hará Andritz Hydrohammerfest llegando oportunamente a un total de 398 MW instalados.

El proyecto es comercialmente viable, 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 MAREMOTRIZ MAGALLANES. ESPAÑA

A fines de 2015²⁶ se llevó a cabo en Galicia la botadura de la estructura para generar electricidad de las mareas.

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 popa. Por ser flotante, no implica construcción alguna sobre el fondo marino y permite su instalación en cualquier área del mundo.

²⁶ <http://www.vigoe.es/vigo/maritima/item/7472-el-proyecto-magallanes-ya-esta-en-el-agua> (consultado nov 2015). También en www.mecanica.frba.utn.edu.ar/energiaundimotriz/ (consultado enero 2018)

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 pasos²⁷:

2017, botadura y pruebas en mar con el prototipo a escala real.

Entre 2017-2018: pruebas en Vigo (España) y Escocia (EMEC).



Ilustración 29 – Sistema Magallanes

MAVI TURBINA FLOTANTE DE MAREAS. CANADÁ

Mavi Innovations²⁸ se acerca a la puesta en marcha completa de su turbina de marea flotante Mi1 en el Blind Channel Resort en Columbia Británica, está destinado a complementar el uso de un generador diesel. La turbina está integrada en la red ya existente y junto con ese generador diesel inteligente almacenan la energía sobrante en baterías eléctricas. En junio de 2017, Mavi instaló su sistema de amarre, tendió el cable y comenzó a trabajar para poner en servicio el sistema de energía híbrido. Mavi trabajará asociado con la Universidad de Manitoba, esta institución medirá el rendimiento y se evaluará la viabilidad de este sistema híbrido de energía mareomotriz. Su potencia es de 22 kW²⁹.

²⁷ <http://www.magallanesrenovables.com/es/proyecto>. Consultado enero 2018

²⁸ OES – Annual Report 2017 – pág. 54 (consultado marzo 2017)

²⁹ Fuente <http://mavi-innovations.ca/technology/> (consultado marzo 2017)



Ilustración 30 – Prueba de flotabilidad de turbina Mi1 en Canadian Hydrokinetic Turbine Test Centre (CHTTC)³⁰



Ilustración 31 - Prueba de flotabilidad de turbina Mi1³¹

SCHOTTEL HYDRO TRITON. ALEMANIA

La versión a escala de la plataforma de energía mareomotriz Triton³² se probó en las instalaciones de Ensayos de Barcos de Hamburgo. El modelo a escala 1:17 se ensayó en un canal con capacidad de generar olas multidireccionales, esta organización privada brinda servicios de investigación y consultoría a la industria marítima mundial. El éxito de estos ensayos permitirá la construcción de la plataforma semisumergible Triton donde se instalarán 40 turbinas Hydro de Schottel que generarían hasta 2,5 MW de potencia; su destino será el Fundy Ocean Research Center for Energy (FORCE), cerca de Parrsboro, en la Bahía de Fundy en 2017.



Ilustración 32 – Ensayo de dispositivo³³ - Dibujo conceptual

A finales del año 2017, luego de los ensayos, Schottel Hydro anunció la suspensión de la construcción de la plataforma “Triton” y también abandonó la idea de llevarlo a la Bahía de Fundy.

³⁰ Fuente: http://mavi-innovations.ca/project_post/performance-testing-at-chttc/

³¹ Fuente: http://mavi-innovations.ca/project_post/performance-testing-at-chttc/

³² Ver <https://tidalenergytoday.com/2016/08/11/schottel-hydro-tests-scaled-triton-tidal-platform/> (consultado marzo 2018)

³³ Fotografía: Schottel Hydro

PLAT-I SUSTAINABLE MARINE ENERGY. ESCOCIA - ALEMANIA

Sustainable Marine Energy (SME)³⁴ ha completado la instalación de su sistema de energía mareomotriz; la plataforma PLAT-I de 280 kW en Connel, en el oeste de Escocia. El 17 de diciembre de 2017 terminó la primera fase de puesta en marcha. PLAT-I es una plataforma de energía mareomotriz flotante fabricada en Escocia por JBS Group en Peterhead; esta plataforma aloja un sistema de turbinas múltiples Schottel Hydro con una potencia de 280 kW.

El sistema de captación comprende cuatro Turbinas Schottel (SIT) y un sistema de conversión de potencia alojado en un contenedor a bordo. PLAT-I está diseñado para captar corrientes de marea para generar energía; resulta una alternativa para usuarios costeros e insulares con infraestructura limitada.



Ilustración 33 – Despliegue real



Ilustración 34 – Dibujo conceptual

El sistema funcionó bien de forma autónoma a través de su sistema de control en plataforma. Las cuatro turbinas SIT alcanzaron la potencia nominal y probaron su rendimiento. La plataforma ha demostrado una excelente estabilidad en toda una gama de mareas y condiciones climáticas.

Tras la conclusión de las pruebas en Connel en Escocia, PLAT-I se desmontará y transportará al sudeste asiático, donde se entregará a Envirotek Pte Ltd para su redistribución como parte de un primer proyecto matriz de demostración comercial conectada a la red en Filipinas.

³⁴ Ver en <http://www.waterpowermagazine.com/news/newssme-completes-installation-of-plat-i-system-5999431> (consultado marzo 2018)

GKINETIC TURBINA VERTICAL. FRANCIA

GKinetic Ltd³⁵ es un dispositivo sumergido que consiste en turbinas gemelas multipala de eje vertical montadas a ambos lados de un dispositivo en forma de lágrima que se amarra al lecho marino.

Se han realizado pruebas en NUI Galway, Irlanda y en las instalaciones de IFREMER en Boulonge Sur Mer, Francia además se realizó el modelado numérico para la optimización del diseño. GKinetic llevó a cabo una serie de pruebas de una versión en escala 1/10 del sistema de turbinas en los muelles de Limerick, Irlanda a fines de 2015 con el fin de comprender y evaluar el rendimiento de la tecnología y se volvió a implementar en 2017 para pruebas más avanzadas.

En agosto de 2017, GKinetic llevó a cabo pruebas sobre un prototipo mejorado en Limerick durante un período de seis semanas. Con los datos aportados durante estos ensayos permitieron mejorar el rendimiento de las palas de las turbinas³⁶.



Ilustración 35 – Gkinetic Ltd



³⁵ Ver en gkinetic.com/our-story/ (consultado marzo 2018)

³⁶ OES Annual Report 2017, pág 85-86

3.2 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 del agua de 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 al sistema de columna de agua oscilante. En esa misma época, se prueban sistemas mecánicos en California y en 1920 en Japón se ensaya un motor de péndulo. Desde 1921, el Instituto Oceanográfico de Mónaco, utiliza una bomba accionada por las olas para elevar agua a 60 m 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 3 m 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 en 1947 ensayó en el mar el primer prototipo de una plataforma flotante (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, se alcanzaron a vender 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 albergó 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 complejos sistemas para grandes aprovechamientos, esta actividad cesa totalmente en 1982 por falta de recursos económicos. Sin embargo a mediados de 1980, se ponen en marcha varias plantas piloto en Europa y Japón.



CENTRALES CONSTRUÍDAS

SALTER'S DUCK. GRAN BRETAÑA

El generador WEC³⁷ Salter's Duck³⁸ es un dispositivo de 1978. En las imágenes de abajo se puede ver en los test de laboratorio y el esquema de su funcionamiento³⁹.

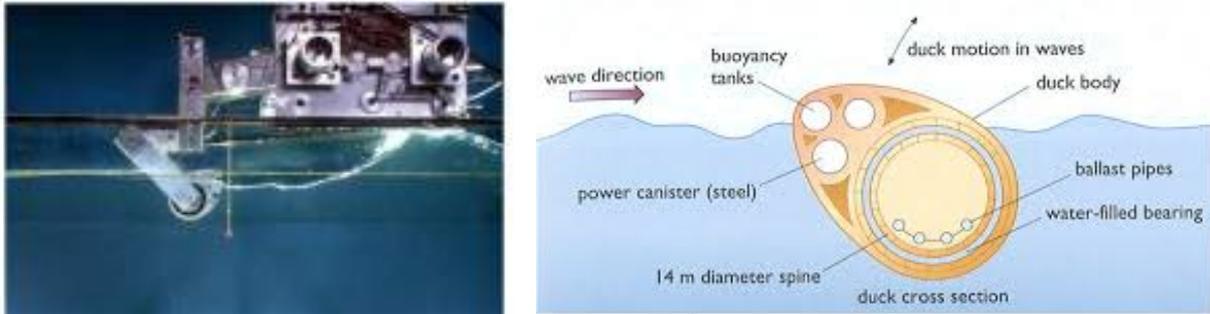


Ilustración 36 – (Izq.) Ensayo en laboratorio. (Der.) Esquema de funcionamiento

El impacto de la onda provoca la rotación de los giróscopos ubicados dentro de un dispositivo de aspecto similar a un pato, un generador eléctrico convierte esta rotación en electricidad con una eficiencia general cercana al 90%.

El equipo denominado “pato de Salter” fue inventado por Stephen Salter en respuesta a la escasez de petróleo en la década de 1970 y fue uno de los primeros diseños de generador propuestos para el programa Wave Energy en el Reino Unido.

WAVE ENERGY PLANT OWC. PORTUGAL

La planta piloto de columna de aire oscilante en la isla Pico⁴⁰ 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.

³⁷ Ver en: http://amsacta.unibo.it/3062/1/overtopping_devicex.pdf Consultado junio 2018

³⁸ Bevilacqua Giovanna y Zanuttigh Barbara (2010). *Overtopping Wave Energy Converters. General aspects and stage of development*. Universidad de Bologna, Italia.

³⁹ B. Lotfi y L. Huang (2014). “A Novel Wave Energy Converter. Department of Engineering, Islamic Azad University, Mashhad Branch Mashhad, Iran y School of Engineering, Auckland University of Technology, Auckland, New Zealand

⁴⁰ 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

Seguidamente se describe el monitoreo de la planta Pico durante la demostración a gran escala en septiembre-noviembre de 2005 y los resultados obtenidos.



Ilustración 37 – OWC Pico Plant, Azores. Perspectiva lateral y vista trasera (operando durante un día normal de otoño – Sept 2015).

Los datos fueron recolectados para un rango significativo de oleaje entre 1.0 y 3.5 m y períodos entre 8.0 y 12.0 s. La velocidad máxima de la turbina debió limitarse a 1200 rpm debido a problemas de vibraciones (año 2005), a principios de 2006 se resolvió el tema.

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 palas de acero fijas, para aumentar el rendimiento aerodinámico de la turbina.

Se adoptó un generador asíncrono de 400 kW del tipo de inducción de rotor bobinado.

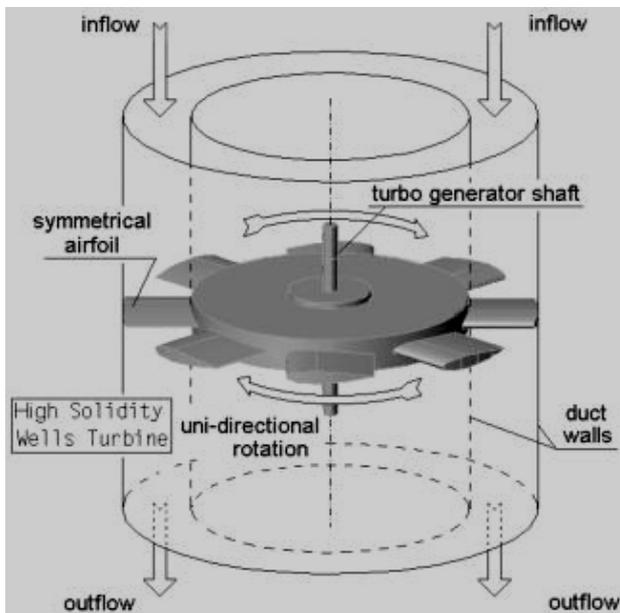


Ilustración 38 - Esquema de una turbina Wells⁴¹

La turbina Wells es de alta solidez y convierte la energía de onda de una columna de agua oscilante.

Tiene varias características favorables (por ejemplo, simplicidad y alta velocidad de rotación) aunque se caracteriza por un rango operativo relativamente estrecho con alta eficiencia.

⁴¹ M. Torresi, S. M. Camporeale and G. Pascazio (2009). ASME. En <http://fluidsengineering.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=1478271>

EQUIPO OWC N° 6. IRLANDA-EUA

El Departamento de Tecnologías del Agua de los Laboratorios Sandia trabajó junto al equipo del Centro de Investigación Hidráulica y Marítima de Irlanda (HMRC) del 8 al 20 de septiembre de 2013 para completar las pruebas del equipo N° 6, el mismo consiste en una boya de conductos doblada hacia atrás (BBDB) cuyo diseño corresponde a un convertidor de energía de onda de columna oscilante⁴².



Estos ensayos se realizaron según un convenio celebrado entre los organismos de Irlanda y los Estados Unidos; las conversaciones comenzaron en 2012 y la planificación comenzó cuatro meses antes de esta prueba. Los ensayos se realizaron tanto en el canal como en la pileta de pruebas del HMRC; allí se recopilaban datos que pudieron verificar el modelo desarrollado por los Laboratorios Nacionales Sandia.

A continuación se puede ver un esquema del funcionamiento del dispositivo⁴³. Las siglas con las cuales se identifica al equipo BBDB y provienen de la forma inglesa de su denominación Backward Bent Duct Buoy.

Este convertidor se basa en un mecanismo que hace rotar una turbina que mueve un generador eléctrico. El fundamento corresponde a un sistema Oscillating Water Column (OWC).

⁴² Ver en: <http://energy.sandia.gov/joint-sandia-doe-hmrc-testing-of-a-floating-oscillating-water-column-wave-energy-converter-device/> Consultado en mayo de 2018

⁴³ Ver en: <http://energy.sandia.gov/energy/renewable-energy/water-power/technology-development/reference-model-project-rmp/> Consultado en mayo de 2018

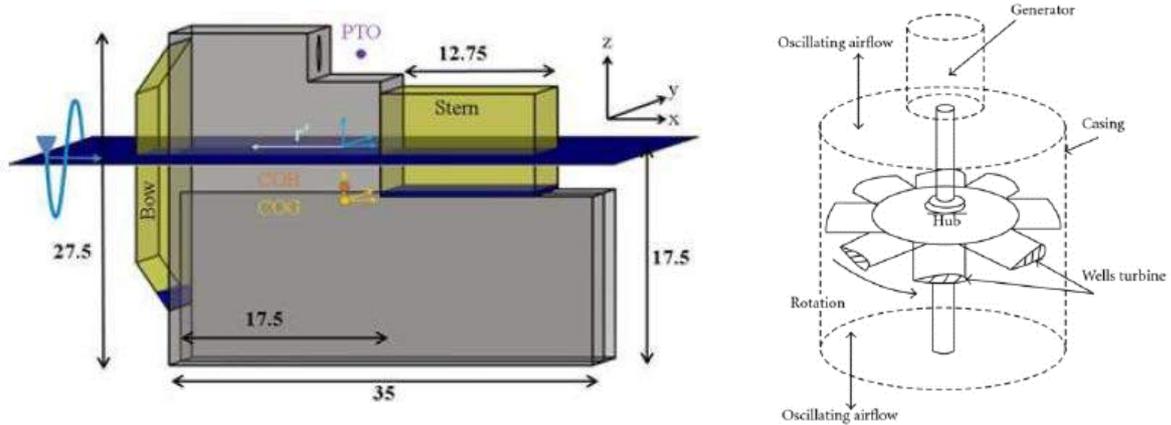


Ilustración 39 – (Izq.) Esquema BBDB - (Der.) Sistema OWC

MUTRIKU. ESPAÑA



Ilustración 40 - Mutriku⁴⁴

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 (OWC). Esta planta, de 300 kW de potencia y 16 grupos turbogeneradores, es la primera con configuración multi-turbina del mundo. Ocupa 100 m 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.

⁴⁴ Fuente: <http://wmw.bilbaoexhibitioncentre.com/wp-content/catalogo/image/015002017-PRG1-9490.jpeg?v=>

OPERA. UNIÓN EUROPEA

El generador de turbina bi radial OPERA⁴⁵ llegó a la etapa final de montaje en 2017. Esta innovación de las turbinas de aire se considera como una de las vías de reducción de costos más prometedoras para los dispositivos de energía de olas (OWC). El proyecto OPERA apunta específicamente a validar el nuevo prototipo de turbina bi-radial. Luego pasará a la prueba en laboratorio. La turbina fue fabricada por Kymaner (Patente Europea 11710901.7).

El conjunto de turbina-generator bi-radial tiene como objetivo aumentar la eficiencia media anual de la turbina OWC en un 50% y mejorar la fiabilidad de la toma de fuerza en comparación con otras opciones ya conocidas.

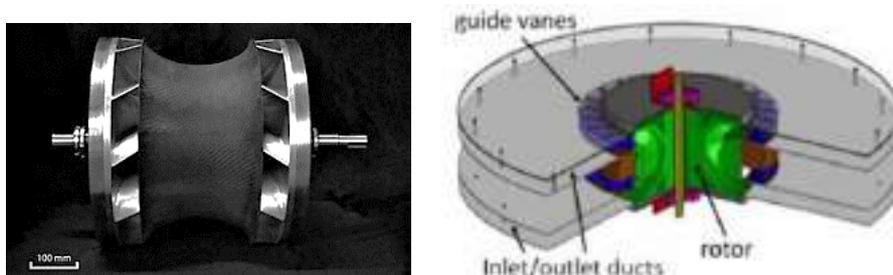


Ilustración 41 – Conjunto turbina-generator

Uno de los componentes clave de esta nueva turbina es su válvula de seguridad de alta velocidad (HSSV), integrada en la estructura y capaz de realizar una doble función, la de control de enclavamiento y de seguridad, protegiendo la turbina de ser dañada por exceso de velocidad cuando las condiciones del mar son tormentosas.

La validación de la toma de fuerza se realizará en la planta de energía de olas Mutriku y más adelante se dedicarán al diseño de soluciones de interfaz especiales que facilitan la adaptación a las diferentes plataformas de montaje.

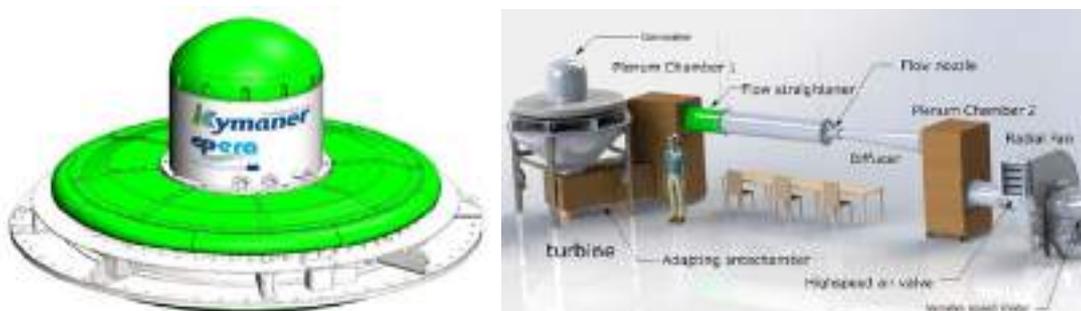


Ilustración 42 – Esquema de prueba

⁴⁵ Ver en: <http://opera-h2020.eu/?p=701> Consultado en mayo 2018.

SISTEMA S.D.E. ENERGY LTD. ISRAEL-CHINA

El sistema de la empresa S.D.E. Ltd consiste en el aprovechamiento del movimiento de las olas para generar presión hidráulica y 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.



Ilustración 43 - SDE Energy Ltd System⁴⁶

WAVESTAR WSE-02 PROYECTO ForskVE. DINAMARCA

Se denomina captador multipunto debido a su configuración, ya que está equipado por varios flotadores, los cuales por efecto de las olas accionan unas bombas hidráulicas que conducen aceite a presión a una turbina, la cual impulsa un generador eléctrico. Este es el prototipo montado en Roshage, como parte del proyecto ForskVE 2009, en las fases 1 y 2, cuyos resultados se publicaron en enero de 2013.⁴⁷



Ilustración 44 – Plataforma WAVESTAR

⁴⁶ Fuente: <http://www.sdeglobal.com>

⁴⁷ Ver en: <http://wavestarenergy.com/sites/default/files/Wavestar%20prototype%20at%20Roshage%20-%20performance%20data%20for%20ForskVE%20project%20no%20....pdf>. Consultado mayo de 2018

El proyecto dio comienzo en julio de 2010 con un contrato entre Wave Star A / S y EnergiNet.dk bajo la denominación de "Producción de energía en sistemas de prueba Roshage (WSE-02)", proyecto no. 2009-1-10305. El objetivo del proyecto fue documentar que el convertidor de energía de la onda Wavestar en Roshage fue capaz de entregar la potencia esperada de acuerdo con el clima y olas reales. El proyecto se completó con la Universidad de Aalborg como socio.

Desde el 1 de mayo de 2010, Wave Star A / S estuvo midiendo las olas en la ubicación y la potencia producida por el prototipo Wavestar. Mensualmente se enviaron a EnergiNet.dk un informe y el archivo de datos que contenían las mediciones sin procesar para su aprobación.

Dos definiciones se destacan por su importancia:

Potencia hidráulica, P_h [W]: la potencia hidráulica se mide en el actuador hidráulico, se calcula multiplicando la presión a través del cilindro y el flujo en el cilindro. La potencia hidráulica del prototipo es la suma de la potencia hidráulica de ambos flotadores, $P_h = P_{h1} + P_{h2}$. La energía hidráulica, denominada E_h , es la integración de la potencia hidráulica instantánea a lo largo del tiempo.

Energía eléctrica, P_e [W]: la potencia se mide a la salida del generador, calculada multiplicando el voltaje y la corriente. La potencia eléctrica del prototipo es la suma de la potencia eléctrica de ambos flotadores, $P_e = P_{e1} + P_{e2}$.

La energía eléctrica, conocida como E_e , es la integración de la potencia eléctrica instantánea a lo largo del tiempo.

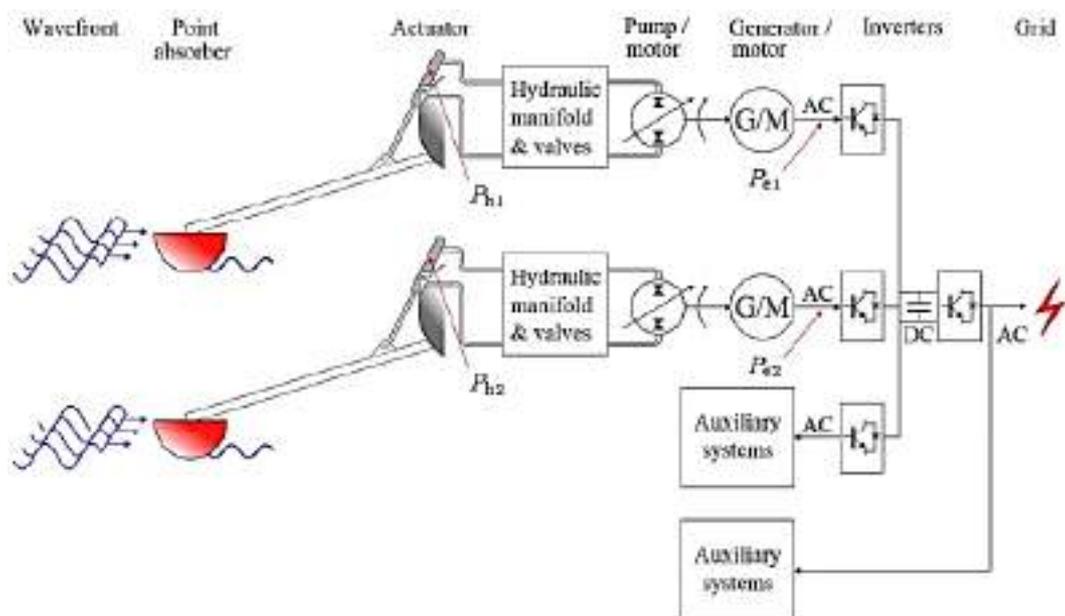


Ilustración 45 – Esquema funcional

La siguiente tabla resume los resultados reales versus los calculados, al final de la fase 2 de pruebas:

Parameter	Measured at Roshage WEC	Estimated by WEC model
Total electrical energy produced: E_e [MWh]	15.6	11.5
Max. generated electrical power: max. P_e [kW]	32.4	38

Tabla 5 – Resultados reales vs. Resultados calculados



Ilustración 46 - Wave Star Energy⁴⁸

En 2006, un modelo a escala 1:10 fue probado en la localidad de Nisum Brending en Dinamarca; en el año 2007 la empresa Wave Star Energy y la Universidad de Aalborg de Dinamarca instalaron un equipo a escala 1:2 de 2 flotadores con una potencia de 25 kW.

PECEM. BRASIL

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



Ilustración 47 – PECEM en Ceará, Brasil

⁴⁸ Fuente: <http://wavestarenergy.com>

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 hidráulico utilizado es agua.

En la actualidad este equipo se encuentra fuera de servicio.

GENERADOR UTN.BA. ARGENTINA

Este dispositivo en escala 1:10 y potencia de 50 W fue construido por el Grupo UNDIMOTRIZ⁴⁹ 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.



Ilustración 48 – Render: granja de dispositivos instalador en el mar

Actualmente está en proceso de construcción a escala real mediante convenio con la empresa QM Oil Fields Equipment de Mar del Plata. Argentina, su intención es instalar próximamente el primer dispositivo del país en la esollera del Puerto de Mar del Plata (2018).

Los ensayos del prototipo fueron realizados en un canal de olas del Instituto Nacional del Agua (INA). Ezeiza. PBA (2017), estos ensayos demostraron la viabilidad del proyecto.

⁴⁹ Fuente: <http://www.mecanica.frba.utn.edu.ar/energiaundimotriz/?lang=es>



Ilustración 49 – Prueba de dispositivo en INA (Instituto Nacional del Agua)

PELAMIS. PORTUGAL



Ilustración 50 - Uno de los dispositivos Pelamis desplegado en el mar⁵⁰

Por su forma se la denominó “pelamis” que significa “serpiente marina”.

El principio de funcionamiento se basa en aprovechar mediante pistones hidráulicos el movimiento que producen las ondas marinas en las articulaciones del equipo; esta energía hidráulica es enviada a un tanque unificador de presión para luego ser pasar a una turbina hidráulica que se encuentra conectada a un generador eléctrico⁵¹. En las costas de Portugal, fueron instalados tres equipos de 750 kW cada uno con 150 m de largo y 3 m de diámetro. Los equipos fueron retirados y llevados al EMEC para hacerles modificaciones técnicas además se creó un nuevo Pelamis 2.

⁵⁰ Fuente: <https://ibservices.it2.com/pic/726/Data/IMAGE/Pelamis1.jpg>

⁵¹ Ver imagen; fuente Undimotriz–YouTube image a través de electro noticias-blogger

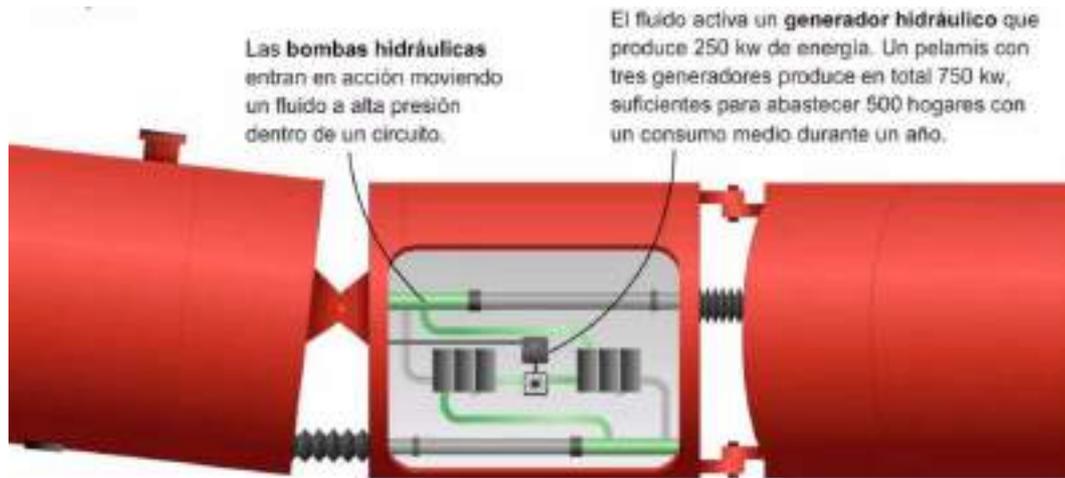


Ilustración 51 - Diseño interno

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)⁵².

OPT – MARK 3. EUA

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



Ilustración 52 - Mark 3 PowerBuoy en el muelle de Cromarty Firth

Ilustración 53 - Ocean Power Technologies⁵³

⁵² Ver en <https://www.iberdrola.com/sala-comunicacion/noticias/detalle/iberdrola-lanza-el-proyecto-pelamis-p2-de-energia-de-las-olas-en-escocia-9735906520111108>

⁵³ Fuente: <http://www.oceanpowertechologies.com>

MARMOK A-5. ESPAÑA

El equipo fue diseñado por la empresa española Oceantec Energías Marinas; tiene forma de boya y está conectado a la red eléctrica general⁵⁴ y acaba de cumplir su primer año de producción.

El 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 m de largo y un diámetro de 5 m, con un peso de 30 ton, 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 km 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.



Ilustración 54 – Izquierda: Equipo remolcándolo. Derecha: Equipo en posición.

⁵⁴ Fuente: Energías Renovables. España. Extraído del boletín Energía Estratégica. 12/2017

DEXAWAVE. DINAMARCA



Ilustración 55 - Dexawave55

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. ESCOCIA⁵⁶

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.



Ilustración 56 - Aquamarine Power Oyster⁵⁷



Ilustración 57 – Conexión equipo off-shore con la costa.

⁵⁵ Fuente: <http://www.soz-etc.com/energien-erneuerbar/alle-zusammen/003-d-ESP/x006-central-electrica-dexa-wave-region-Malta.jpg>

⁵⁶ 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 esta librería está abierta y la UTN-FRBA Grupo Undimotriz tiene acceso pues está inscrita. 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 o directamente al sitio es: library.waveenergyscotland.co.uk

⁵⁷ Fuente: <http://www.aquamarinepower.com>

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. Estos pistones envían agua a presión a un tanque acumulador ubicado sobre la costa, que homogeniza la presión y la reenvía 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.

WAVEROLLER PENICHE. PORTUGAL

Después de los ensayos de los prototipos marinos WaveRoller⁵⁸ en Peniche en 2007 y 2008, se inició el proyecto. En 2009 se formó **AW-Energy**, es un consorcio formado por autoridades locales y entidades científicas de Portugal además de la compañía de servicios públicos de electricidad, Enéolica SA.

El proyecto llamado "Simple Generación de Energía Renovable Submarina" o **SURGE** por su siglas en inglés, es financiado por la UE mediante un plan denominado 7PM. El objetivo del proyecto es crear un convertidor de energía undimotriz conectado a la red en Peniche, Portugal⁵⁹. Los socios institucionales son: Estaleiros Navais de Peniche, Centro de Energía das Ondas, Instituto Hidrográfico y Cámara Municipal de Peniche.

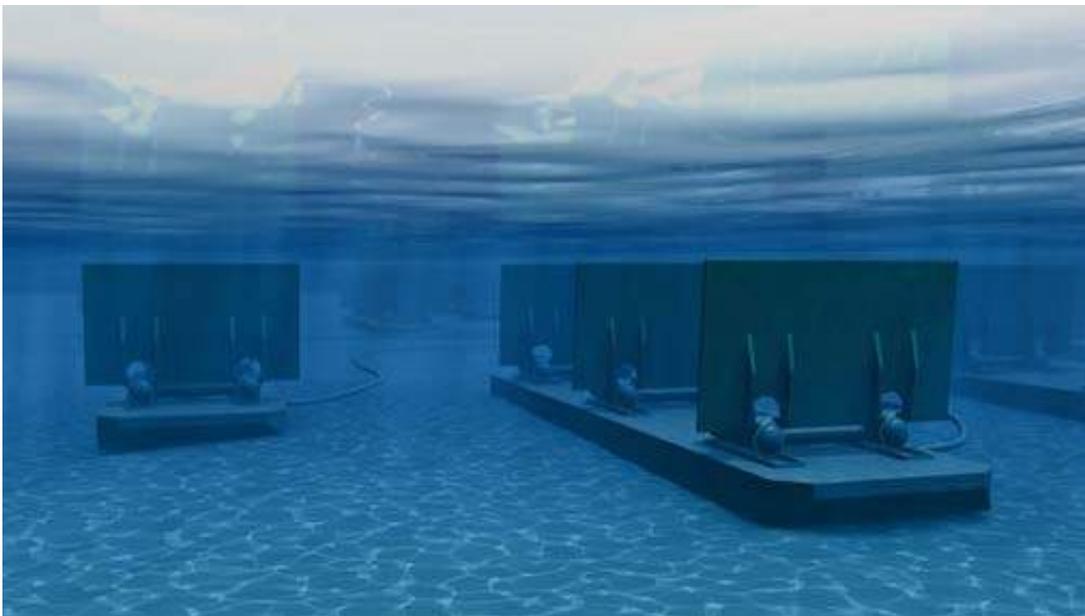


Ilustración 58 – Render de granja instalada

⁵⁸ Fuente: <http://www.hempel.com/en/about-hempel/news/2012/hempel-agrees-partnership-with-aw-energy>

⁵⁹ Fuente: <http://www.nsintesis.com/nacional/proyectan-en-mexico-utilizar-energia-de-las-olas-marinas/>

La granja de equipos 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 Portugal⁶⁰.

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 conexión a la red eléctrica nacional en Portugal.



Ilustración 59 – Construcción de panel

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 otras 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.

⁶⁰ Fuente: <http://aw-energy.com/es>. Consulta: dic 2015 – enero 2016

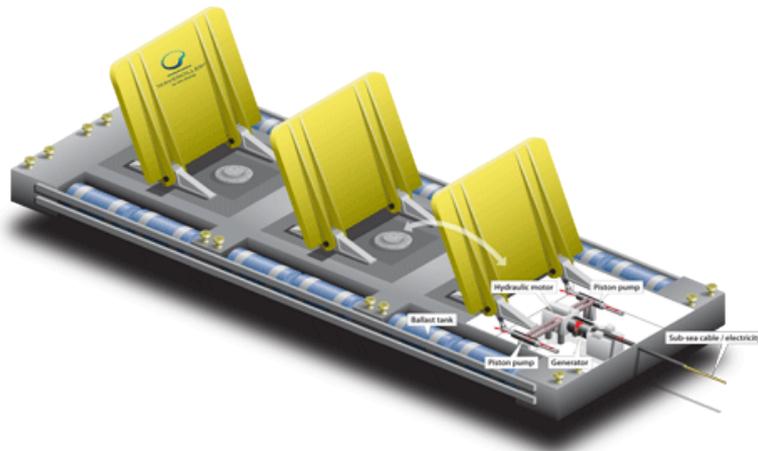


Ilustración 60 – Render de dispositivo

PLANTA AW-ENERGY JÄRVENPÄÄ. FINLANDIA

En diciembre de 2015 se dieron a conocer los resultados del test de un mecanismo WaveRoller que convierte la energía undimotriz en electricidad. El equipo opera en áreas cercanas a la costa (aproximadamente entre 0,3 y 2 km de la ribera), a una profundidad entre 8 y 20 m. Dependiendo de las condiciones de mareas, se instala parcial o totalmente sumergida y anclada al lecho marino. Cada unidad WaveRoller está clasificada entre 500 kW y 1000 kW; dependiendo de las condiciones del oleaje, su factor de capacidad será 25-50%. Las unidades poseen grandes tanques de lastre, que llenos de aire que le dan flotabilidad para facilitar su desplazamiento hacia el lugar de la instalación: en ese sitio los tanques se cargan con agua permitiendo su hundimiento para fijarlos en el suelo marino. Si bien se mantienen sumergidas durante su funcionamiento, las unidades son fácilmente reflotables, mediante el deslastrado por inyección de aire. El funcionamiento de WaveRoller's® (PTO) se ha probado con éxito a escala completa en el Centro de Investigación WaveRoller® en Järvenpää⁶¹.

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

⁶¹ Ven en <http://aw-energy.com/impressive-first-results-from-aw-energys-jarvenpaa-research-center>. 07 diciembre de 2017.



Ilustración 61 – Render de equipos instalados

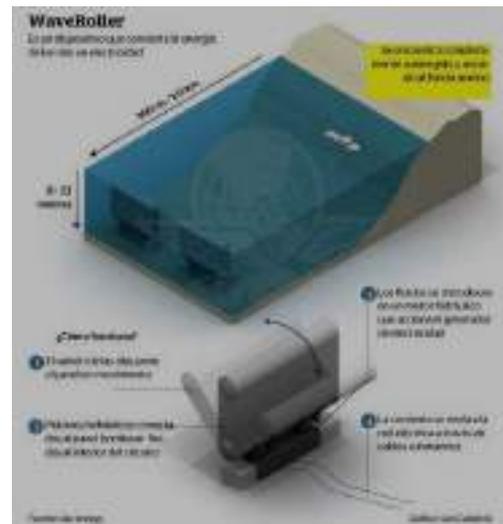


Ilustración 62 – Funcionamiento de dispositivo

La máquina de olas del Centro de Investigación Järvenpää puede generar hasta 2 MW de potencia, esto es equivalente a algunas de las condiciones de onda estocástica más cercanas a la costa. El sistema de conversión de la energía está ubicado en tierra firme donde se realizan las pruebas y ajustes de los equipos. En cualquier parte del mundo, cada equipo en funcionamiento se ajusta según el recurso undimotriz local.



Ilustración 63 - Mapa de contexto

VOITH WAVEGEN. ALEMANIA



Ilustración 64 - Voith Wavegen⁶²

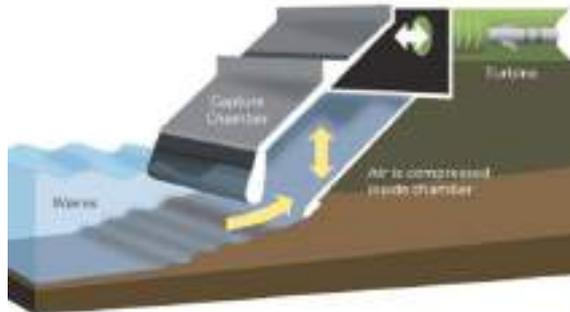


Ilustración 65 - Modelo interno

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) con una potencia 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. FINLANDIA⁶³

Fundada en 2007, Wello Oy es una empresa finlandesa. Al dispositivo se le dio el nombre de "Pingüino".

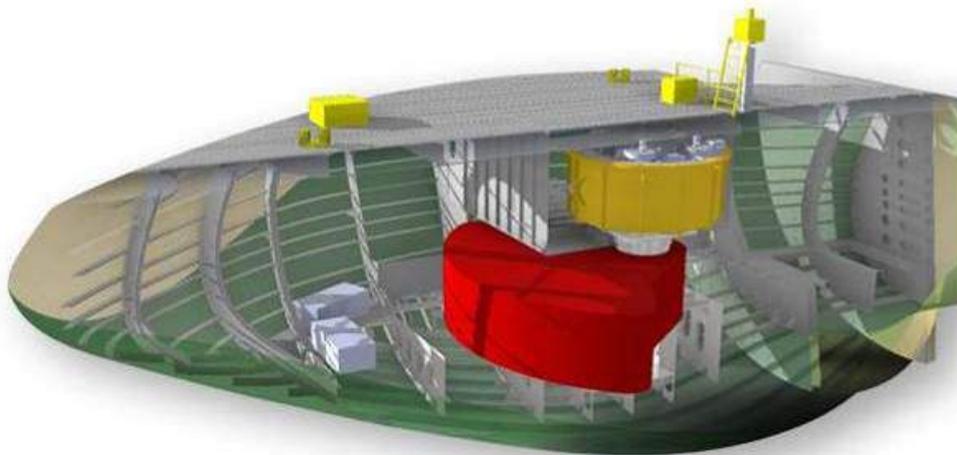


Ilustración 66 – Vista interna de la unidad

⁶² Fuente: Oscillating-water-column wave energy converters and air turbines: A review - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: https://www.researchgate.net/LIMPET-OWC-plant-rated-500-kW-installed-in-2000-on-the-island-of-Islay-Scotland-UK_fig10_281307478 [accessed 22 Apr, 2018]

⁶³ Fuente: <http://www.wello.eu>

The Penguin WEC (Wave Energy Converter) está diseñado para capturar la 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 envía la electricidad a través de un cable submarino hacia la costa. Fabricada en Riga, Letonia, el dispositivo Pingüino es una estructura de 220 toneladas (sin incluir el 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.

WELLO. CHINA⁶⁴

Wello firmó un contrato con la corporación china CIMC OEI. La cooperación comenzará con la optimización del Penguin Wave Energy Converter (WEC) de Wello para aguas chinas. Allí el clima y las olas son ligeramente más suaves en comparación con las aguas del Atlántico norte donde se desarrolló el equipo. La siguiente fase contempla el establecimiento de un sitio de demostración en China para confirmar la validez de la tecnología de Wello, antes de pasar a la etapa más importante del contrato: asegurar proyectos en China⁶⁵.



Ilustración 67 – Unidad en el mar



Ilustración 68 – Vista del artefacto

⁶⁴ Fuente: <https://wello.eu/2018/02/08/wello-export-wave-energy-converters-china/>

⁶⁵ Ver en <http://www.hydroworld.com/articles/2018/02/finland-company-wec-optimization-with-conglomerate-could-lead-to-demonstration-site-in-china.html>. Publicado el 13 de febrero de 2018 (consultado marzo 2018)



Ilustración 69 – Artefacto anclado lecho marino

El equipo Wello flota en la superficie del agua mientras está anclado al lecho marino, esto le permite convertir el movimiento de balanceo y rolado en energía.

AWS OCEAN ENERGY. GRAN BRETAÑA



Ilustración 70 – Dispositivo AWS

AWS Ocean Energy⁶⁶ 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 m de diámetro, se podrá instalar en profundidades entre 75 y 150 m y su potencia nominal será de 2,5 MW.

⁶⁶ Fuente: <http://www.awsoccean.com>

WAVE DRAGON. DINAMARCA

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



Ilustración 71 - Wave Dragon⁶⁷

Esta agua acumulada retorna al mar pasando a través de una turbina que genera energía eléctrica. 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 4 MW en las costas de Gales y en Portugal.

PROTEAN. AUSTRALIA

En abril de 2018 Protean Wave Energy⁶⁸ contrató una empresa de ingeniería especializada para llevar a cabo un estudio de validación de la tecnología de convertidor de energía de ondas. El estudio fue previo al despliegue de una granja de demostración denominada Protean WEC en el Puerto de Bunbury, en el oeste de Australia; en este estudio de pre-factibilidad comercial se espera que la granja de olas para demostración se desarrolle progresivamente durante un período de 5 meses, durante el cual se recopilarán los datos de rendimiento.

⁶⁷ Fuente: <http://www.wavedragon.net>

⁶⁸ Ver en: <https://marineenergy.biz/wp-content/uploads/2016/04/Protean-orders-wave-energy-tech-study-320x228.jpg> Consultado mayo de 2018

El Protean WEC funciona cuando las olas hacen que este dispositivo se mueva de forma circular. A medida que la boya se mueve, unos contrapesos también se mueven, alargando y acortando continuamente sus cables de amarre, lo que hace que unas poleas giren. A medida que giran las poleas, se genera energía que se utiliza para mover un generador eléctrico u otros fines. De esta forma se puede aprovechar la energía de las olas.

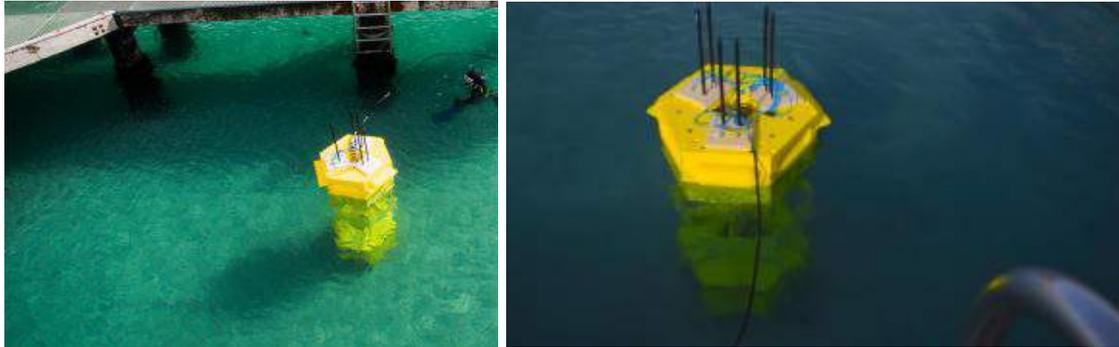


Ilustración 72 – Render dispositivo Protean WEC

PROYECTO CETO. AUSTRALIA

El equipo se instaló en la isla de Garden que está ubicada en la costa occidental de Australia. El mismo cuenta con tres boyas construidas en acero de 11 m de diámetro y que están ancladas en el fondo del mar. La energía se origina a partir de las ondas del Océano Índico; el resultado es que el 5% de la necesidad eléctrica de la base naval militar Sterling es provista por este medio. Las boyas flotan debajo de la superficie marina y evita que se vean afectadas por la acción destructiva del embate de las olas.

Ceto 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.



Ilustración 73 - Boya CETO 5⁶⁹

⁶⁹ 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)

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 km. En dicha central, el agua a alta presión acciona un generador eléctrico.



Ilustración 74 - CETO 5 (recreación)⁷⁰

Su energía en parte se destina a la planta de desalinización de agua de mar 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 boya más grande, con la generación eléctrica a bordo y la energía que se transfiere a la costa por un cable.

AQUAMARINE POWER'S OYSTER WAVE POWER. ESCOCIA

Este dispositivo se instala en el lecho marino, suspendido a unos 10 o 15 m y que envía el agua de mar a muy alta presión a una turbina hidroeléctrica situada en la costa⁷¹. Oyster es un convertidor de la energía undimotriz: es una estructura flotante y articulada suspendida sobre el lecho marino con unos 10 m de profundidad y aproximadamente a medio kilómetro de la orilla. Este dispositivo está casi totalmente bajo el agua, moviéndose hacia atrás y hacia adelante por el oleaje cercano a la costa. El movimiento del artefacto impulsa dos pistones hidráulicos que bombean agua marina a alta presión a tierra para hacer girar una turbina hidroeléctrica convencional.

⁷⁰ Foto extraída de https://en.wikipedia.org/wiki/CETO#CETO_6

⁷¹ Fuente: http://www.mecanica.frba.utn.edu.ar/energiaundimotriz/?page_id=279 (consultado marzo 2018)

*Ilustración 75*

Aquamarine Power implementó y probó dos dispositivos Oyster⁷² a gran escala en EMEC (European Marine Energy Center): el Oyster 1 de 315 kW y el Oyster 800 de 800 kW de segunda generación.

*Ilustración 76*

El Oyster 800 se conectó a la red en junio de 2012 en el sitio de prueba de EMEC en Billia Croo hasta que el programa de prueba finalizó en 2015, cuando la empresa dejó de operar.

LAMINARIA WEC. BÉLGICA

Laminaria solicitó en 2015 probar su innovador convertidor de energía de las olas (WEC) en el sitio de pruebas del European Marine Energy Center (EMEC), conectado a la red en Billia Croo (sitio de pruebas del EMEC).

⁷² Fuente: <http://www.emec.org.uk/about-us/wave-clients/aquamarine-power/> (consultado marzo 2018)



Ilustración 77 – Equipo Laminaria siendo preparado para pruebas en Bélgica (Créditos Laminaria)



Ilustración 78 – Durante las pruebas en Bélgica (Créditos Laminaria)

Febrero de 2016.

Laminaria anunció que la compañía había unido fuerzas con diversas entidades como EMEC, Innosea, Universidad de Ghent y TTI Testing para apoyar el desarrollo de su nuevo convertidor de energía de las olas.

El proyecto denominado LAMWEC busca desarrollar y probar un equipo Laminaria WEC de 200 kW, pasando por la etapa denominada “tecnología validada en un ambiente controlado” (TRL etapa 5) a la “demostración de prototipo en un sistema de entorno operacional” (TRL etapa 7). La tecnología Laminaria podría clasificarse como un dispositivo que absorbe energía movido por el movimiento de las ondas. El equipo tiene una forma de cruz y está sujeta al lecho marino. La traslación horizontal y el movimiento de inclinación del casco se transfieren a través de las líneas de amarre del artefacto.

A los efectos de mejorar su capacidad de supervivencia, la tecnología Laminaria⁷³ consta de un sistema de protección contra tormentas, esto le permite permanecer operativo durante tales eventos. Ya se han realizado en Bélgica pruebas en el mar; a los efectos de realizar los ensayos finales durante el período 2018/19 se lo someterá a pruebas de rendimiento en el EMEC.

⁷³ Fuente <http://www.emec.org.uk/about-us/wave-clients/laminaria/> (consultado marzo 2018)



Ilustración 79 - Laminar WEC en el muelle⁷⁴

El dispositivo logra mejorar su rendimiento mediante el control de la energía de las ondas que lo accionan⁷⁵. En operaciones normales, el dispositivo flota en el agua con su parte superior cerca de la superficie. Cuando la energía de las olas excede el nivel necesario para producir potencia nominal, el dispositivo se sumerge buscando la altura ideal de funcionamiento de la columna de agua que le permita producir la potencia nominal; de esta forma evita el excesivo movimiento cerca de la superficie. Esto resulta una forma efectiva de controlar la entrada de energía en el dispositivo, el dispositivo puede ser optimizado para producir aún con olas pequeñas. Esto permite que el artefacto sea más barato y efectivo sino que también con un factor de operatividad muy alto.

En 2015, se ha probado un prototipo de escala ¼ totalmente funcional en el sitio de pruebas marinas en Ostende, Bélgica. Las pruebas de mar han demostrado que la estrategia de protección contra tormentas es muy efectiva, en mayo de 2016, las primeras pruebas de laboratorio realizadas por el TTL en el canal del Laboratorio COAST en la Universidad de Plymouth parecían muy prometedoras.

El dispositivo fue diseñado para entregar potencia nominal de 1 kW con olas de 0.5 m. Durante las pruebas de mar se logró una eficiencia mecánica de hasta 81%. El prototipo pudo resistir a condiciones tormentosas con oleajes de hasta 2,7 m los cuales tienen un contenido energético unas 46 veces superior a la potencia nominal.

⁷⁴ Fuente <http://www.laminaria.be/> (consultado marzo 2018)

⁷⁵ Fuente OES-Annual Report 2017. p47 y 48. Suministrado por Galia F. (UTN, Rectorado)

BOMBA WERC. CANADÁ



Ilustración 80 - Despliegue de una Bomba WERC

Bomba WERC es el desarrollo de una bomba de agua impulsada por olas⁷⁶.

Se encuentra en la isla New Foundland. Terranova; allí hay 6 sitios de amarre autorizados; a menos de 1,5 km de la costa y una profundidad que varía entre los 6 a 30 m. El dicho lugar ha recopilado más de tres años de datos meteorológicos y de clima de olas. En 2017, WERC llevó a cabo pruebas en el mar de equipo de bombeo, este equipo fue destinado a proporcionar agua de mar a una granja acuícola en tierra.

SHARP EAGLE 1 WANSHAN WEC. CHINA



Ilustración 81 – Equipo flotante de generación de energía “Sharp Eagle No. 1”

⁷⁶ Fuente OES-Annual Report 2017. p53

El 28 de diciembre de 2012, se puso a prueba un equipo flotante de generación de energía de olas llamado "Sharp Eagle No.1"⁷⁷. Fue desarrollado por el Instituto de Conversión de Energía de Guangzhou, Academia de Ciencias de China, en el área marítima de la isla de Wanshan. El equipo poseía dos conjuntos diferentes de sistemas de conversión de energía. La capacidad instalada total era de 20 kW. Durante un año y medio, el equipo de investigación desarrolló 5 conjuntos de modelos, que se experimentaron en tanques de agua. Finalmente, se decidió que el equipo que se pondría en el mar combinaría un absorbedor de energía solar y un generador movido por las olas.

SHARP EAGLE 2 WANSHAN WEC. CHINA

A los efectos de mejorar la provisión de energía a las islas remotas; realizó la actualización del convertidor Sharp Eagle 1, este emprendimiento fue financiado por el Plan Piloto Estratégico de Tecnología (Sharp Eagle Wave Energy Demonstration Project- (GIEC)⁷⁸.

El equipo mejorado Eagle Eagle-Wanshan se instaló cerca de la isla de Wanshan para su prueba en el mar en marzo de 2017. La energía eléctrica generada hasta diciembre de 2017 fue de más de 50 MWh. Los cambios fueron la colocación de nuevos cilindros hidráulicos, resistentes a la corrosión con mayor rendimiento y confiabilidad. La capacidad total instalada será de más de 200 kW.



Ilustración 82 – Vista SHARP EAGLE 2



Ilustración 83 – SHARP EAGLE 2

⁷⁷ Ver en http://english.giec.cas.cn/rh/rp/201301/t20130110_97942.html (consultado marzo 2018)

⁷⁸ Fuente OES-Annual Report 2017. p57

RESEN WAVES. DINAMARCA

Resen Waves (2017) proporciona boyas comerciales de pequeña potencia (300 W), aplicables mar adentro para captar la energía undimotriz. Estas boyas mediante una solución práctica del tipo “conecte y use” proporcionan la energía eléctrica para la comunicación de datos en tiempo real de los instrumentos oceanográficos.

Las boyas se pueden instalar a profundidades hasta 200 m, también se pueden fabricar modelos especiales para mayor profundidad; están diseñadas para soportar las condiciones oceánicas extremas. Esta tecnología se caracteriza por una alta eficiencia, bajo peso y un accionamiento mecánico con pocas piezas móviles. A futuro podría escalarse a 250 kW a 500 kW por boya⁷⁹.



Ilustración 84 - Generador

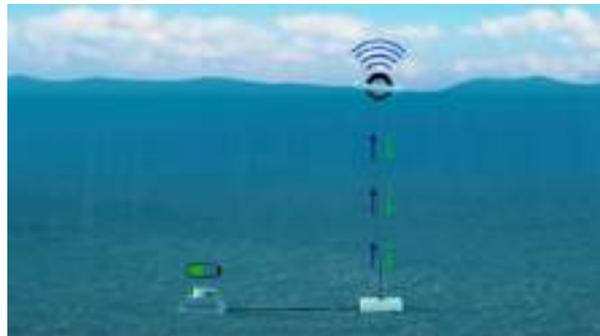


Ilustración 85 - Utilización

PROYECTO WAVEPISTON. DINAMARCA

Wave Piston ha formado un consorcio con Vryhof Anchors, Fiellberg y la Universidad Técnica de Dinamarca⁸⁰ y desde 2015^{81,82} han estado probando un prototipo de ½ escala en el Mar del Norte en el lugar de ensayos DanWEC, en las afueras de Hanstholm.

La tecnología consiste en un atenuador de superficie que utiliza un sistema de pantallas asociadas a pistones para capturar la energía de las olas. La estructura cuenta con un largo cable de acero con amarre flojo en cada extremo. En el cable de acero, muchos colectores de energía están montados como perlas en una cuerda, cada uno convirtiendo la energía de las olas en energía mecánica.

⁷⁹ Fuente www.ResenWaves.com. (consultado marzo 2018)

⁸⁰ Fuente OES Annual Report 2017 (consultado marzo 2018; suministrado a GEMA por Galia F.)

⁸¹ Ver en <http://www.wavepiston.dk/> (consultado marzo 2018)

⁸² Fuente <http://www.wavepiston.dk/download/wavepiston.pdf> (consultado marzo 2018)



Ilustración 86 - WavePiston



Ilustración 87 - WavePiston



Ilustración 88 - WavePiston

WEPSTOS. DINAMARCA

WEPTOS fue probado en mar abierto en Lillebælt en 2017⁸³. Es una estructura en forma de V que absorbe la energía de las olas a través de una línea de rotores (Salter), en cada brazo, cada uno transmite energía a un generador.

WEPTOS completó la prueba en pequeña escala en 2008, así como las pruebas de modelo a gran escala en España 2011 y en Edimburgo 2014.

⁸³ Ven en <http://www.weptos.com> (consultado marzo 2018)



Ilustración 89 –WEPTOS

PROYECTO CRESTWING. DINAMARCA

Crestwing⁸⁴ ha sido probado en laboratorios hidráulicos en 2008 y en 2010; desde 2011. Crestwing ha realizado ensayos con prototipos en escala 1:5 en condiciones marinas reales en Frederikshavn.



Ilustración 90 – Preparando Crestwing



Ilustración 91 – Crestwing

Crestwing es una "balsa articulada" compuesta por dos pontones conectados con un sistema articulado; el movimiento ondular captado por la articulación activa un sistema de toma de fuerza ubicado en una sala de máquinas de fácil acceso. El equipo no es visible desde tierra incluso ante la presencia de un parque generador debido a la baja altura por encima del nivel del mar que tiene el equipo.

⁸⁴ Ver en <http://crestwing.dk> (consultado marzo 2018)

EXOWAVE WEC FASE 1. DINAMARCA

El equipo Exowave WEC, se lo conoce como convertidor de onda oscilante.



Ilustración 92 – Preparando Exowave WEC



Ilustración 93 – Exowave WEC siendo remolcado



Ilustración 94 – Remolcando Exowave WEC

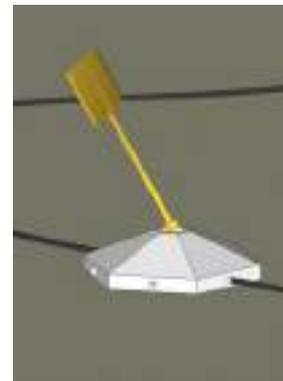


Ilustración 95 -Render

El dispositivo está diseñado para instalarse en aguas de hasta 40 m de profundidad, lo que permite que los barcos naveguen sin problema por encima del convertidor y además tiene impacto visual nulo. Luego de las exitosas pruebas de laboratorio de la tecnología llevadas a cabo durante 2015 y 2016, la empresa ha construido su primer prototipo ExoWave⁸⁵ a escala real y lo instaló en el Mar del Norte en julio de 2017.

El Prototipo Wave Energy - Fase 1 fue instalado en las afueras del puerto de Hvide Sande en la costa oeste danesa a una profundidad de 6 m. La fase 2 de pruebas se programó para principios de 2018.

⁸⁵ Ver en <http://exowave.com/projects/> (consultado marzo 2018)

GEPS TECHNO: 4 TECNOLOGÍAS SIMULTÁNEAS. FRANCIA

Floatgen: es un generador marino que tenía su amarre en SEM-REV en la costa oeste de Le Croisic, fue instalado este verano de 2017, cercano de la línea eléctrica de la costa.



Ilustración 96 - GEPS TECHNO

Durante el año 2018 se planea probar otros 3 dispositivos de energía undimotriz en Senneoh, un lugar de prueba de mareas en el estuario de Gironde en Burdeos; en ese lugar se realizarán las primeras pruebas de la turbina marina HydroQuest de ¼ de escala.

Bret Saint-Anne es un nuevo sitio de prueba para proyectos a escala donde EOLINK planea probar una escala de 1/10 turbina de viento flotante en 2018⁸⁶.

Geps Techno lanzó en julio de 2015 en la cuenca de Penhoet en Saint-Nazaire el primer prototipo que combina 4 energías marinas en una sola plataforma: viento, undimotriz, corriente de marea y solar⁸⁷ (proyecto piloto PH4S).

⁸⁶ OES Annual Report 2017, páginas 72-62 (consultado mazor 2018)

⁸⁷ Ver en <http://www.geps-techno.com> (consultado en marzo 2018)

NEMOS WEC. ALEMANIA

La construcción del dispositivo comenzó en febrero en un astillero belga y en junio de 2017, fue permitida su instalación cerca del puerto de Ostende en el Mar del Norte.

NEMOS GmbH junto con Uni Duisburg Essen, el Centro de Desarrollo de Tecnología de Barcos y Sistemas de Transporte, Schaeffler Technologies AG y LIROS GmbH, continuaron el desarrollo de su tecnología de conversión de energía de las olas en el proyecto conjunto "*Diseño, fabricación, instalación y puesta en marcha de NEMOS Wave Modelo de planta de energía a escala 1:1*". El proyecto se ejecutará hasta julio de 2019 y en ese período se entregará un prototipo en escala real. La investigación de NEMOS se realizó con éxito en septiembre de 2017.



Ilustración 97 - 2010 (en tanque)

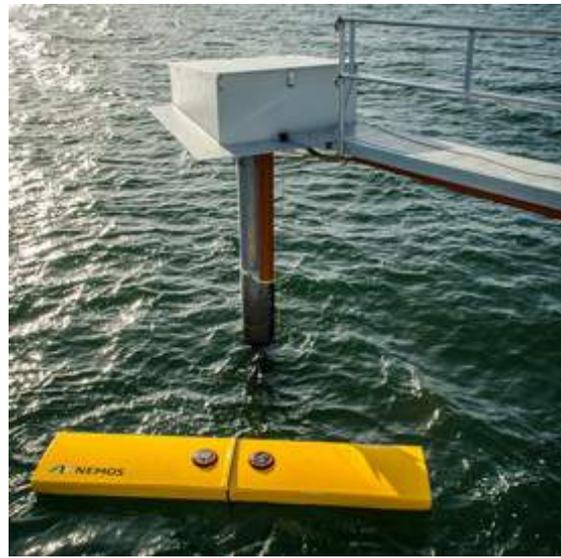


Ilustración 98 - 2013(puerto)



Ilustración 99 - Año 2017

SINN POWER WEC. ALEMANIA

La empresa alemana de energía undimotriz SINN Power⁸⁸ inició las pruebas de su módulo convertidor de energía de las olas instalado en Creta. Grecia. El objetivo es medir la energía eléctrica generada y evaluar la funcionalidad de los componentes a largo plazo. El módulo está instalado en el extremo de la pared del rompeolas del puerto de Heraklion, donde tuvo lugar la ceremonia de inauguración el 6 de mayo de 2017. El convertidor funciona a medida que el movimiento hacia arriba y hacia abajo de las ondas levanta las boyas de los módulos individuales. Las boyas a su vez levantan una barra que hace funcionar un generador eléctrico.



Ilustración 100



Ilustración 101 – Ubicación geográfica

El equipo SINN Power GmbH en agosto de 2017 comenzó como el proyecto "Prueba de un concepto modular de equipos para la generación de electricidad a partir de una matriz de ondas oceánicas irregulares". El proyecto funcionará hasta julio de 2019; en el puerto de Heraklion (Grecia) donde se instalarán 4 módulos adicionales. Además, en 2018 se instalarán en la isla de São Vicente, Cabo Verde. Portugal una red de 21 módulos para suministrar la energía a una granja para la cría de camarones orgánicos⁸⁹.

STENSEA (STORED ENERGY IN THE SEA). ALEMANIA

En realidad no es un generador sino un almacenador de energía; resulta tan revolucionario que se lo incluye momentáneamente en la categoría undimotriz, debido a que utiliza la energía eólica asociados a la energía undimotriz.

El proyecto STENSEA - "Energía almacenada en el mar" probó un modelo a escala 1:10 en el lago Bodensee, Alemania. El proyecto finalizó exitosamente en marzo 2017 con la participación de Fraunhofer IEE y HOCHTIEF Solutions AG.

⁸⁸ OES Annual Report 2017, pág. 76

⁸⁹ Fuente: www.sinnpower.com (consultado marzo 2018)

Actualmente se está realizando un ensayo en alta mar con una esfera de concreto de mayor tamaño. Esta esfera es hueca de 30 m de diámetro con paredes de 2.70 m de espesor; cuenta con una turbina y una bomba integrada que se sumergen en aguas profundas. El funcionamiento es el siguiente⁹⁰: La presión del agua en la profundidad actúa como cabezal hidráulico para la energía cinética.

La energía eólica o solar se usa para bombear agua y se cargan las esferas; cuando la energía eólica y solar no las pueden seguir cargando, se permite que el agua fluya y descargue las esferas, este movimiento impulsa a una turbina a generar electricidad. Se piensa a futuro en parques de almacenamiento con 80 esferas; con una potencia de 400 MW.



Ilustración 102 – STENSEA

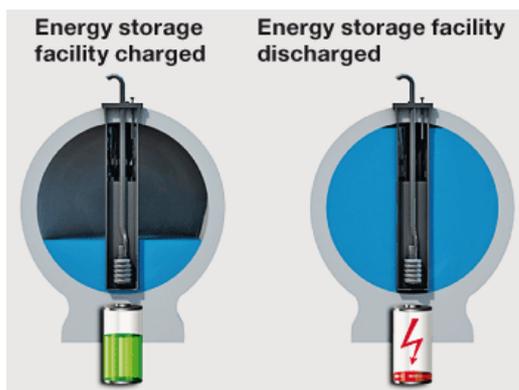


Ilustración 103 – Diseño y funcionamiento

⁹⁰ Fuente: https://www.researchgate.net/.../272318141_STENSEA_-_Stored (consultado marzo 2018)

BOYA NIOT. INDIA

El NIOT (National Institute of Ocean Technology)⁹¹ de India durante estos años ha estado trabajando en dispositivos de energía undimotriz basados en la columna de agua oscilante (OWC), el equipo se denomina “boya de conductos inclinados hacia atrás (BBDB).

Su intención es instalar estos equipos para cumplir con los requisitos de carga de baterías y la iluminación de las zonas costeras de ubicaciones remotas.



Ilustración 104 – Lanzamiento de NIOT



Ilustración 105 – Probando NIOT cerca del Puerto de Kamarajar, Chennai

El NIOT ha probado esta boya de navegación en la costa de Chennai; está dimensionada para cumplir los requisitos de potencia de una lámpara de baliza y se utilizará para marcar los canales de navegación en puertos y puertos. El costo total de esta boya desarrollada en dicho país es menor que las disponibles en el mercado. Una boya de este tipo se instaló en el mar el 13 de noviembre de 2017 en el marco de la reunión del Comité Ejecutivo IEA-OES celebrada en Chennai.

NANO GENERADOR TRIBOELÉCTRICO. CHINA

La energía undimotriz es una prometedora fuente de energía limpia, muy abundante pero difícil de transformar en energía eléctrica. El Nanogenerador Triboeléctrico⁹² (TENG: Tribo Eléctric Nano Generator) se plantea como una solución. Las redes (TENG) proporcionan un enfoque efectivo para la captación masiva de la energía de las olas; la clave está en el diseño de acoplamiento en redes TENG para tales fines. La salida de carga de las unidades vinculadas adecuadamente es más de 10 veces mayor que la de las unidades sin enlace.

⁹¹ OES Annual Report 2017, pág 77

⁹² Liang Xu et al. (2018). Coupled Triboelectric Nanogenerator Networks for Efficient Water Wave Energy Harvesting. Paper. Beijing Institute of Nanoenergy and Nanosystems, Chinese Academy of Sciences, Beijing (material suministrado por Galia F, UTN-GEMA)

Las redes TENG se fabrican en tres modos de conexión diferentes y muestran un mejor rendimiento para las que tienen conexiones flexibles. La red se basa en una unidad de TENG estructurada en una forma optimizada de esferas huecas que tienen en su interior otra esfera que se desplaza según el movimiento de las ondas; el movimiento de la esfera interna genera cargas eléctricas que son captadas por la esfera externa; este conjunto presenta una elevada capacidad de respuesta a pequeñas agitaciones.

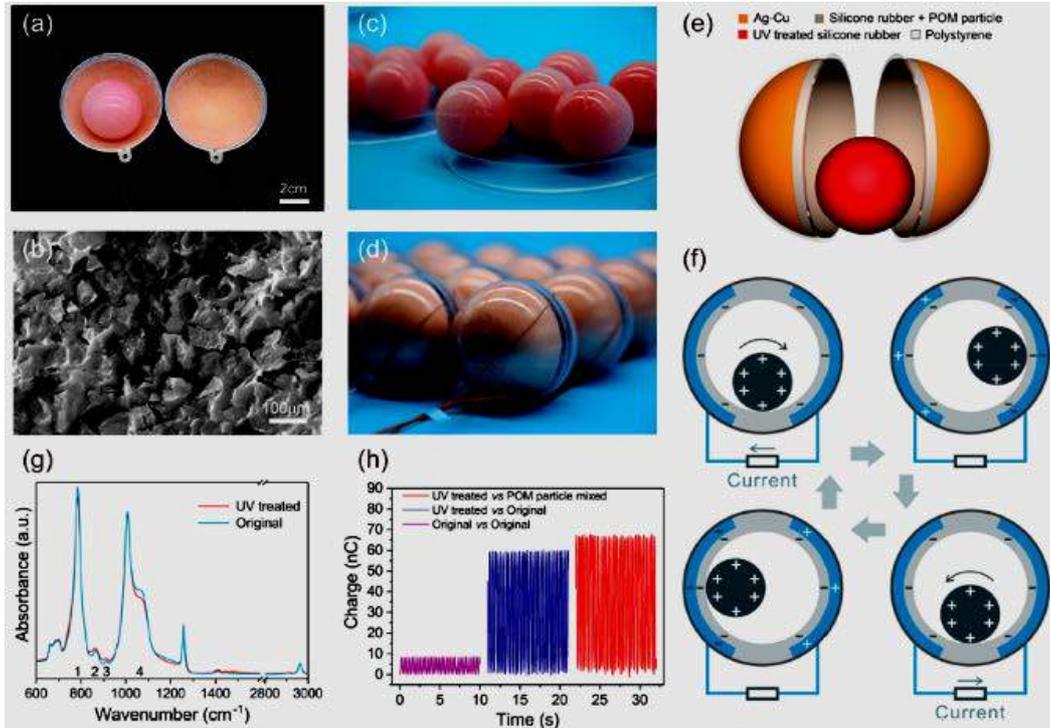


Ilustración 106 – Principio de funcionamiento



Ilustración 107 - Esferas enlazadas En el agua Generando con las olas

El comportamiento dinámico de estas múltiple unidades TENG se está investigando exhaustivamente para comprender completamente su desempeño en el agua. El estudio muestra que un diseño adecuado sobre el vínculo entre las unidades podría ser una estrategia efectiva para que los clúster de TENG operen en conjunto para alcanzar un mayor rendimiento.

AZURA NWEI. EUA

En junio de 2015, Northwest Energy Innovations (NWEI), compañía instalada en Portland, desarrolló Azura⁹³ un dispositivo que utiliza un flotador que puede girar 360° y también oscilar hacia adelante y hacia atrás aprovechando la energía de las olas para producir electricidad; esto permite que el dispositivo extraiga energía en diversas condiciones de oleaje y mejora la eficiencia general del sistema. Azura es un convertidor que extrae energía de los movimientos de elevación (vertical) y de extensión (horizontal) de las olas para maximizar la captura de energía. La energía se produce como resultado del movimiento de rotación relativo entre el casco y el flotador.

El sistema para la captación de energía (PTO) se basa en sistemas hidráulicos de alta presión y está ubicado dentro del dispositivo PowerPod, el cual convierte el movimiento de subida y bajada de la ola en electricidad útil. Lo hace mediante dos cilindros hidráulicos, conectados a un eje excéntrico y que se encuentran en la parte inferior de la plataforma en un compartimento inundado. A medida que la fuerza de una ola que se aproxima hace que el flotador gire y el casco se levante, el cigüeñal acciona los cilindros hidráulicos. La presión de los cilindros se utiliza para impulsar un motor hidráulico de desplazamiento variable, que a su vez acciona un generador eléctrico, produciendo una corriente alterna de frecuencia variable.

El Azura se ha instalado en el sitio de pruebas de energía de las olas de la Marina de EUA (WETS) en Hawái. El dispositivo se ha conectado a la red eléctrica y alimenta la Base del Cuerpo de Marines ubicada en la isla.



Ilustración 108 - Azura NWEI

⁹³ Ver en <https://tidalenergytoday.com/2015/06/12/video-azura-wave-energy-device/> (consultado marzo 2018)

CORPOWER OCEAN. SUECIA -INGLATERRA

CorPower Ocean⁹⁴ (Suecia) ha desarrollado un prototipo a media escala de un convertidor de energía de olas; este equipo se instalará en el año 2018 en el EMEC en Scapa Flow. CorPower sigue un proceso estructurado de verificación de cinco etapas establecido como mejores prácticas para la tecnología de energía oceánica por ETIP Ocean y Wave Energy Scotland. Esto implica la validación paso a paso de la supervivencia del equipo, el rendimiento, la confiabilidad y la economía comenzando con prototipos de pequeña escala en la Etapa 1, continuando con pruebas de subsistemas y luego en escalas de aumento hasta demostraciones finales en la Etapa 5.

El programa actual está en la Etapa 3 y desde 2013 y siguen las pruebas de prototipos en escalas más pequeñas en Portugal, Francia y Suecia. CorPower Ocean ha llevado a cabo ensayos a gran escala a través de la verificación estructurada al probarlo en seco en una plataforma en Estocolmo, seguidamente se procederá a su instalación en el mar en el Centro Europeo de Energía Marina (EMEC) en Orkney (Escocia).

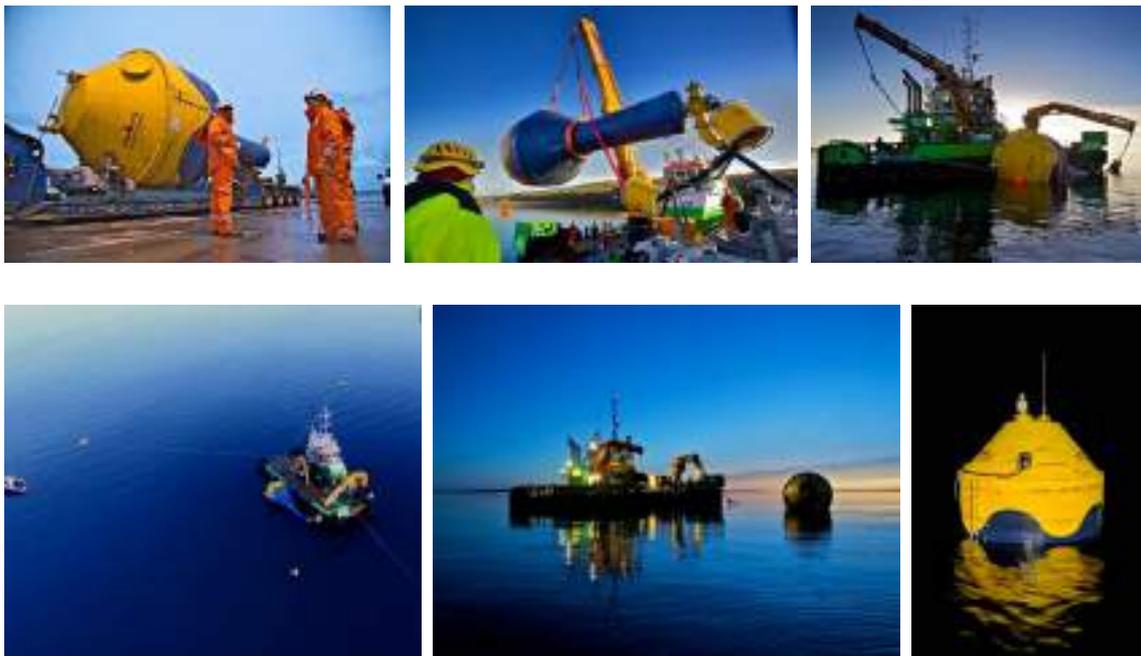


Ilustración 109 - Imágenes del despliegue CorPower C3 WEC en el sitio EMEC Scapa Flow

CCELL MARK 3. INGLATERRA⁹⁵

⁹⁴ Ver en www.corpowerocean.com (consultado marzo 2018)

⁹⁵ Fuente <http://www.ccell.co.uk/>

CCell es un convertidor de energía de olas (OWC) diseñado para maximizar la energía extraída del oleaje del océano a través de su diseño curvo. Las pruebas de laboratorio de la estructura curvada Mark 1 CCell y su sistema de control han demostrado un aumento de cuatro veces en la relación entre el rendimiento y el costo en comparación con otros convertidores basados en diseños similares. Esta estructura curva no solo mejora el rendimiento hidrodinámico, extrayendo más energía, sino que también proporciona una resistencia adicional que reduce la cantidad de material necesario para la construcción.



Ilustración 110 – Dispositivo CCell OWSC

ANACONDA NOVEL WAVE ENERGY CONVERTER. INGLATERRA

Anaconda Novel Wave Energy Converter; Desarrollador: Checkmate Seaenergy. En esencia, Anaconda⁹⁶ es un largo tubo de goma flexible lleno de agua que flota justo debajo de la superficie del mar y se alinea en la dirección del recorrido de la onda; cuenta con una turbina generadora de energía en la popa.

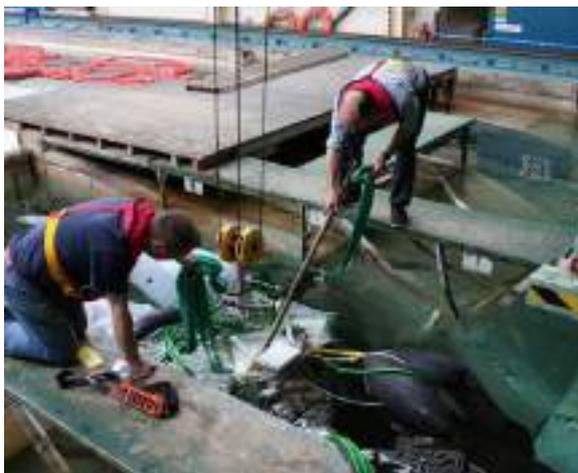


Ilustración 111 – Anaconda

Anaconda – Septiembre 2014

Información suministrada por la compañía Checkmate Seaenergy Ltd., Inglaterra



Ilustración 112 - Anaconda

⁹⁶ Ver en <http://www.checkmateukseaenergy.com/featured/technology/> (consultado en marzo 2018)

A medida que una onda pasa, el tubo se flexiona debido a las presiones variables en el mar, lo que hace que una onda progresiva se propague por la longitud del tubo, acumulando energía a medida que avanza. La recolección continua de energía es el resultado del diseño cuidadoso del sistema, que coincide con la resonancia entre la onda expansiva y la onda incidente del mar.

La onda que se propaga viaja justo en frente de la ola, algo así como un surfista, recogiendo energía a medida que aumenta de tamaño progresivamente. En el extremo del tubo, la energía de la onda de que se propaga impulsa una turbina.

Black y Veatch Consulting (consultores de ingeniería) y BDO (consultores de riesgo de inversión) han entregado los informes actualizados (técnicos y financieros) encargados por DECC (Department for Energy and Climate Change). Ambos informes demuestran que el dispositivo patentado Anaconda tiene el potencial de ser un elemento de cambio tecnológico. En el 2016 Wave Energy Scotland, una rama del gobierno escocés, ha anunciado un premio adicional para acelerar el desarrollo de Anaconda. La primera parte del alcance del proyecto cubre pruebas de prueba de los modelos Anaconda a escala 1:25 para investigar cómo variará el rendimiento energético en respuesta a una serie de posibles características de diseño destinadas a mejorar la capacidad de supervivencia en el mar. La Universidad de Strathclyde ha llevado a cabo extensas pruebas modelo Anaconda en los últimos años.

OCEANTEC. ESPAÑA

El OCEANTEC⁹⁷ puede clasificarse como un absorbedor lineal o atenuador; la forma en que extrae la energía de las olas se basa en el movimiento inercial relativo que las ondas causan en un dispositivo giroscópico. Este movimiento se utiliza para alimentar a un generador eléctrico. El dispositivo giroscópico se encuentra dentro de una estructura o casco alargado que permanece alineado con el frente de la onda, lo que resulta en un movimiento de cabeceo.

⁹⁷ Ver en <https://tethys.pnnl.gov/annex-iv-sites/oceantec-wave-energy-converter-14-prototype> (consulta marzo 2018)



Ilustración 113 - OCEANTEC

La estructura que comprende tiene un diseño similar a un cilindro y el tamaño es escalable, adaptándose al clima marino predominante del lugar elegido. Por ejemplo, en un lugar con períodos de oleaje predominantes entre 10 y 12 segundo (típico de la costa norte de España), la longitud de la estructura puede variar de 40 a 60 m. Potencia: 10 kW; los resultados de la energía aprovechada de las olas con el prototipo 1:4 han sido satisfactorios. En operación desde 2008 al 2010.

L10 WEC. EUA

El convertidor de energía de onda del absorbedor puntual L10; este dispositivo fue desarrollado y probado por Columbia Power Technologies en colaboración con la Oregon State University y con el apoyo financiero de la Marina de los EE.UU.

El movimiento oscilante de la boya genera electricidad a medida que un imán pasa por las bobinas estacionarias del generador. La figura lo muestra desplegado en Yaquina Head, Oregón, en septiembre de 2008⁹⁸. Su nombre alude a su potencia y características técnicas: está dotado de un generador lineal de 10 kW.

⁹⁸ Ted K.A. Brekken, Belinda A. Batten y Ean A. Amon. Ver en <https://www.researchgate.net/publication/224258615> (consultado marzo 2018)

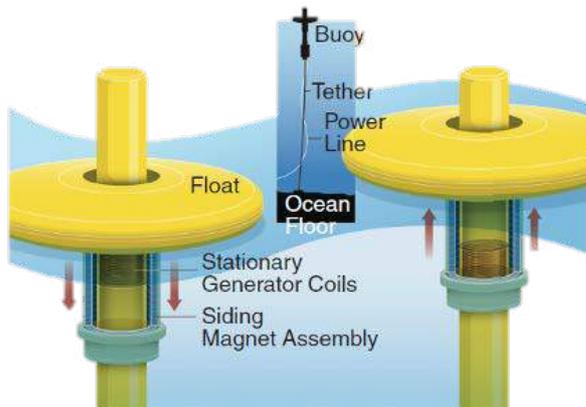


Ilustración 114 - Esquema interno En el mar

SEARAY (STINGRAY). EUA

Columbia Power Technologies y Verdant Power son los desarrolladores del Sea-Ray⁹⁹; se lo denomina también StingRay¹⁰⁰. La imagen corresponde a su ubicación en Puget Sound, Washington, en la primavera de 2011.

Estas empresas fueron subvencionados por el Departamento de Energía de EE.UU. (DOE) con USD 7.5 millones. El propósito fue demostrar un proceso simplificado de instalación y recuperación del dispositivo flotante. El sistema WEC StingRAY usa los flotadores y el mástil que reaccionan en forma independiente de la forma de la ola oceánica. Cada flotador está directamente acoplado por un eje de transmisión a un generador rotativo. Los dos generadores están ubicados dentro de la góndola cerca de la parte superior de los largueros verticales. A medida que cada flotador gira, también lo hace su generador produciendo energía.

El sistema de energía de las olas StingRAY está diseñado para su instalación a profundidades de más de 60 m. En febrero de 2011, se implementó un prototipo de escala 1:4,5 y 1:3.1 durante trece meses de pruebas en el mar, luego de lo cual Columbia Power realizó una mayor optimización del dispositivo. En noviembre de 2014, la compañía anunció la demostración en mar abierto de un StingRAY a escala real en el lugar de pruebas de energía de las olas de la Marina de EUA (WETS) frente a Oahu, Hawái y se dejó conectado a la red hasta la actualidad.

⁹⁹ Ted K.A. Brekken, Belinda A. Batten y Ean A. Amon. Ver en <https://www.researchgate.net/publication/224258615> (consultado marzo 2018)

¹⁰⁰ Ver en <https://tidalenergytoday.com/2015/08/10/video-stingray-wave-energy-device/> (consultado marzo 2018)



Ilustración 115 – Demostración de StingRAY

POWERBUOY PB150. ESCOCIA

Las imágenes que se exhiben a continuación del PowerBuoy¹⁰¹ corresponden a un equipo de 150 kW que Ocean Power Technologies preparó en el año 2012 en Invergordon, Escocia. La revista Forbes lo llamó “la rueda de la fortuna”¹⁰². Este equipo con el mástil solidariamente unido se amarra al fondo del océano. Se probó por primera vez en abril de 2011 en Cromarty Firth.

Las condiciones oceánicas incluyeron olas de tormenta en cuyo caso la energía eléctrica generada ha incluido picos de más de 400 kW. Se generó una potencia eléctrica promedio de 45 kW con una altura promedio de onda de 2 m. Estos niveles de potencia excedieron las expectativas de rendimiento de OPT para este primer despliegue del modelo PB150 y verifica que el sistema podría producir en condiciones de olas más altas hasta 150 kW en promedio,

El modelo PB150 se basa en la experiencia adquirida desde 1997 cuando se implementó el primer PowerBuoy. El desarrollo comenzó en 1993 con el apoyo de la Armada de EUA. La estructura de acero del modelo PB150 fue fabricada en Escocia y el sistema de captación de energía y control fue construido y probado en las instalaciones de OPT en Warwick. Reino Unido y Pennington, Nueva Jersey. EE. UU. La integración y prueba final del PowerBuoy se realizó en Invergordon, Escocia.

¹⁰¹ Ver en <http://www.alamy.com/stock-photo-a-pb150-power-buoy-wave-energy-device-on-the-dockside-in-invergordon-40067763.html> (consultado marzo 2018)

¹⁰² Ver en <http://www.forbesindia.com/article/cross-border/power-from-the-waves/32478/1> (consultado marzo 2018)



Ilustración 116 – En la playa

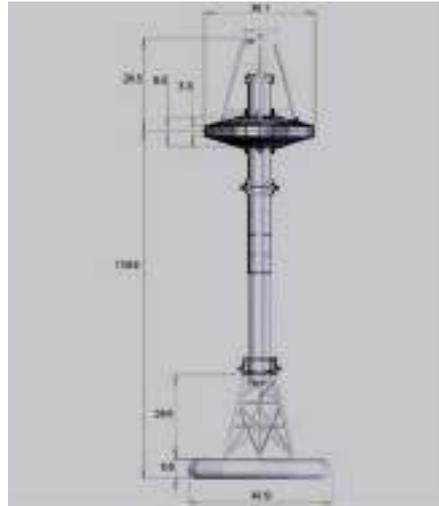


Ilustración 117 – Medidas en pies

OE BUOY. INGLATERRA-IRLANDA

La boya OE u Ocean Energy Buoy¹⁰³ es un convertidor undimotriz que usa un diseño de columna de agua oscilante. Comenzó como una prueba a media escala en Spiddal cerca de Galway en Irlanda durante más de dos años entre 2007 y 2009. A partir del 5 de marzo de 2011, el modelo se volvió a instalar en el mismo lugar, a los efectos de recopilar datos para la Proyecto Cores de la UE. El OE Buoy es una versión de un dispositivo conocido como Backward Bent Duct Buoy (BBDB) que fue inventado en 1986 por Yoshio Masuda, comandante naval japonés y pionero en el desarrollo de estos dispositivos.



Ilustración 118 - Ocean Energy Buoy

El resultado de más de 10 años de investigación y desarrollo nos dicen que la OE Buoy¹⁰⁴ tiene una sola pieza móvil¹⁰⁵ y está diseñada para trabajar en un entorno hostil. La boya OE¹⁰⁶ pesa 650 ton, mide 37,5 m de largo, 18 m de ancho, tiene un calado de 8,75 m y se espera que genere 1 MW.

¹⁰³ Ver en https://en.wikipedia.org/wiki/OE_buoy (consultado marzo 2018)

¹⁰⁴ Ver en <http://www.oceanenergy.ie/oe-technology1/power-generation>. (consultado marzo 2018)

¹⁰⁵ Ver en <http://www.oceanenergy.ie/oe-technology1/power-generation>. (consultado marzo 2018)

¹⁰⁶ Ver en <https://www.offshorewind.biz/wp-content/uploads/2012/10/UK-Ocean-Energy-Plans-to-Deploy-OE-Buoy-Wave-Energy-Converter-at-Wave-Hub.jpg> (consultado marzo 2018)



Ilustración 119 – Ocean Energy Buoy

ARRECIFE ENERGY SYSTEMS. ESPAÑA

Arrecife Energy Systems está desarrollando¹⁰⁷ un dispositivo que simula el comportamiento natural de los arrecifes de coral y su eficiencia para absorber la energía de las olas¹⁰⁸. El dispositivo presenta turbinas de flujo cruzado, compuestas de múltiples palas colocadas en serie para maximizar la absorción de la energía undimotriz.

Esta tecnología se encuentra actualmente en el nivel 6 de disponibilidad tecnológica, lo que significa que el dispositivo se ha probado en un entorno real. Durante el año 2017 se llevaron a cabo las pruebas de mar de este dispositivo construido a escala 1:10 frente a la costa española. Estos ensayos sirvieron para mejorar aspectos mecánicos del dispositivo, incluido el sistema de amarre, el sistema de inmersión y el comportamiento general en condiciones reales.

Tras la finalización de los ensayos y la obtención de conclusiones la compañía pretende construir y ensayar prototipos a mayor escala, ya sea en la Plataforma de Energía Marina de Biscaya (Bimep) o en el Centro de Energía Marina Europea (EMEC).

¹⁰⁷Ver en : <https://sectormaritimo.es/arrecife-energy-systems> (publicado 29 diciembre 2017; consultado abril 2018)

¹⁰⁸Ver en <http://www.mecanica.frba.utn.edu.ar/energiaundimotriz/?cat=3> (consultado abril 2018)



Ilustración 120 – Ensayos en entorno real

PÉNDULO WEC. CHINA

El principio de funcionamiento del péndulo es fácil de entender; la ola obliga a una aleta a moverse hacia adelante y hacia atrás alrededor del eje. Luego un convertidor hidráulico mueve un generador eléctrico.

Existen dos equipos de este tipo¹⁰⁹ en China con potencias de 8 kW y 30 kW. El equipo de 30 kW aprovecha en forma conjunta energías eólica y fotovoltaica para cumplir con la demanda energética de la isla de Daguan, en la Provincia de Shandong.



Ilustración 121 –Péndulo construido 30 kW

ISWEC. POLITECNICO DE TORINO¹¹⁰. ITALIA

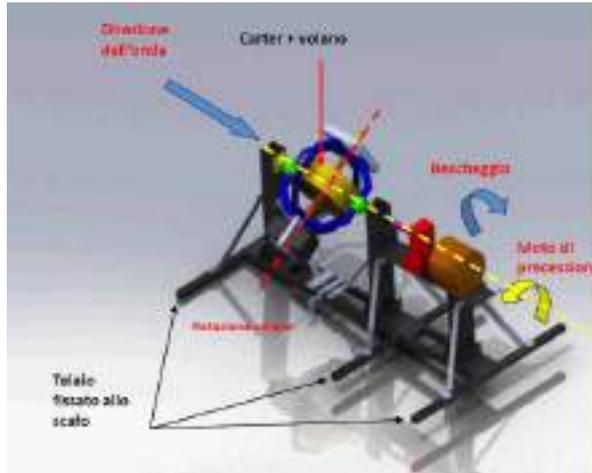
Los Departamentos de Ingeniería Ambiental y el de Ingeniería Mecánica y Aeroespacial del Politécnico de Torino, han desarrollado este mecanismo que aprovecha para funcionar el movimiento de las olas, al cual denominaron ISWEC

El equipo ISWEC¹¹¹ se encuentra amarrado en la isla de Pantelleria, su potencia es de 100 kW; tiene la capacidad de adaptarse al movimiento de las olas variando la velocidad de rotación de sus volantes gracias a un algoritmo de control basado en pronósticos meteorológicos a largo plazo además el modelo se regula en forma instantánea según las formas de onda que lo afectan.

¹⁰⁹ Yong-liang ZHANG et al. Water Science and Engineering, Jul. 2014, Vol. 7, No. 3, 288-305

¹¹⁰ Ver en https://unpuntoneilmare.files.wordpress.com/2012/06/energia_da_moto_ondoso_politecnico-torino_ing_mattiazzo.pdf - consultado mayo 2018

¹¹¹ Ver en <https://www.cnr.it/sites/default/files/public/media/energia%20onde.pdf> (visitado abril 2018)



Sus ventajas son: ausencia de partes móviles en el agua, mantenimiento sencillo, posibilidad de ajuste en diferentes longitudes de onda de acuerdo con el pronóstico del clima y reducción del impacto ambiental.

Dentro del casco sellado hay una unidad giroscópica, fijada al fondo del mar por una línea de amarre no tensa. La interacción entre las olas del mar, el casco y el sistema giroscópico permite la generación de electricidad.

En la primera fase de la prueba, la energía producida se disipa en una serie de resistencias, luego ISWEC se conectará a la red eléctrica de Pantelleria.

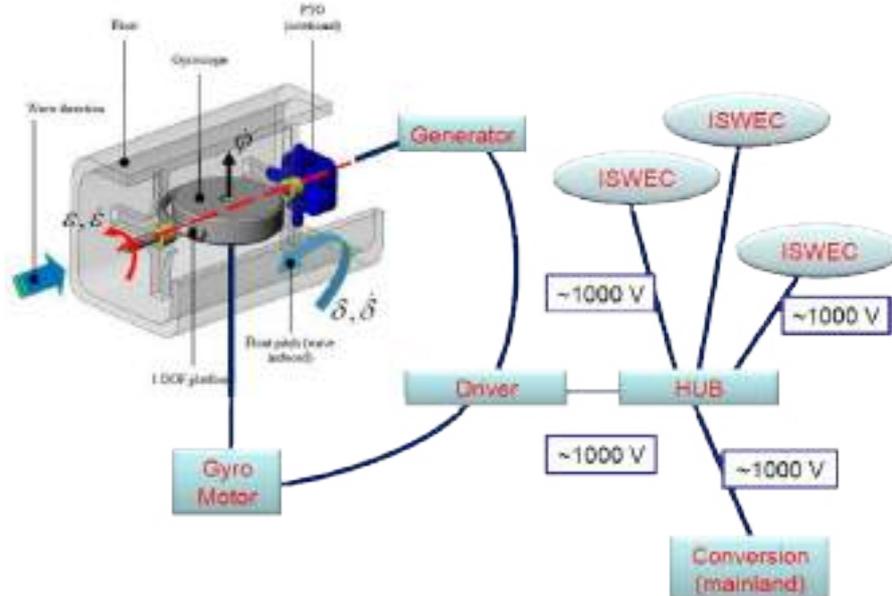


Ilustración 122 – Granja de 1 MW. 17 dispositivos de 60 kW cada uno.

El mecanismo se instala el casco de una barcaza.



Ilustración 123 – Mecanismo en escala real.

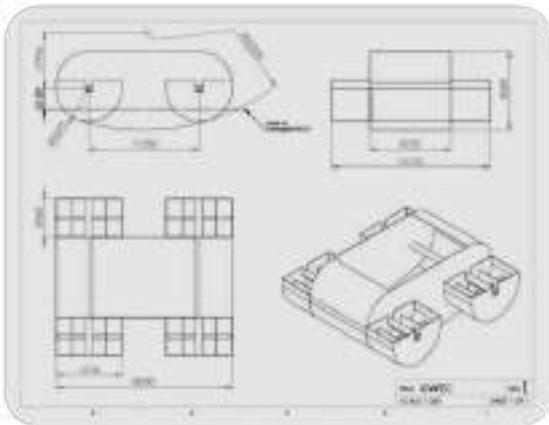


Ilustración 124 - Mecanismo

Potencia 60 kW

Ancho y Largo: 16 x 18 m (casco)

Peso total: 290 ton

Peso del elemento giratorio: 3,2 ton

Máxima velocidad de giro: 300 rpm

Diámetro del elemento rotante: 2455 mm

Momento de inercia angular 48.550 kg/m²



Ilustración 125 – Prototipos en el tanque de pruebas (2012)



Ilustración 126 – ISWEC

PLATAFORMA SEA POWER. IRLANDA

La empresa Sea Power¹¹², un desarrollador de energía de las olas con sede en Irlanda, remolcó en octubre de 2016 su dispositivo de convertidor de energía de las olas desde el puerto de Foynes hacia la bahía de Galway, Irlanda.

La operación fue realizada por la empresa Atlantic Towage hasta el sitio de amarre en SmartBay, destacando que durante la maniobra las condiciones climáticas no eran las más favorables, pero el equipo soportó adecuadamente la situación y el remolque se realizó a una velocidad promedio de 4 nudos; además esto sirvió para demostrar que la Sea Power Platform puede ser remolcada sin dificultad.

El equipo Sea Power fue construido en escala 1: 4 y es un convertidor de energía que funciona en forma paralela a la dirección de las ondas, capturando la energía del movimiento relativo de los dos brazos en el dispositivo a medida que la ondulación pasa. El mecanismo que recibió respaldo financiero de la Autoridad de Energía Sostenible de Irlanda (SEAI), ya entró en etapa de pruebas.

¹¹² Ver en: <https://marineenergy.biz/2016/10/31/sea-power-wec-goes-out-to-sea/> Consultado mayo de 2018



Ilustración 127 – Remolcando la plataforma

HIBRIDO POSEIDON P37. DINAMARCA

Poseidón es un tipo de planta flotante de energía inventada por la empresa danesa de tecnología limpia, Poseidón Floating Power Plant A / S. La planta es un diseño híbrido que consiste en un convertidor de energía de las olas que también actúa como base flotante para tres aerogeneradores. Una planta de pruebas y demostración¹¹³ denominado modelo "P37" a escala 1: 4 se lanzó al mar en el otoño de 2008; está amarrada dentro de una granja de turbinas eólicas ya existente en Dinamarca.

La planta transforma la energía de las olas en electricidad a través de los impulsores con bisagras, bombas de pistón y una turbina hidráulica.



Ilustración 128 – Planta flotante "Poseidón"

¹¹³ Ver en: <http://www.knudehansen.com/references/offshore-offshore-wind-vessels/poseidon,-floating-power-plant/>. Consultado en mayo de 2018

También está siendo puesto a punto para ser probado un sistema donde los generadores son impulsados directamente por los pontones a través de un sistema mecánico.

PROYECTO BUTTERFLY. CONVERTIDOR ROTACIONAL. ESPAÑA

Este mecanismo está compuesto por un convertidor de energía de onda que captura la energía de las olas y por un sistema de toma de energía (power take-off) que convierte la energía de las ondas en electricidad. El carácter innovador de Butterfly¹¹⁴ maximiza las eficiencias de captura y conversión, proporcionando energía asequible a las zonas costeras con buenos recursos de oleaje.



Ilustración 129 - Prototipo

La empresa considera que los objetivos del proyecto se han alcanzado. El prototipo a escala 1:4 desplegado en el mar Mediterráneo en agosto de 2015 fue instalado en Poble de Farnals y produjo 7 kW en el rango de onda más alto.

Un dispositivo a escala real produciría 700 kW.

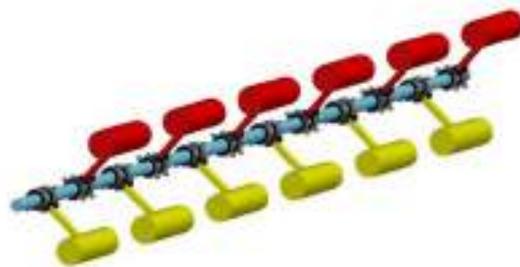


Ilustración 130 – (Izq.) Prototipo escala 1:4 (Der.) Render

Sus características distintivas son: el dispositivo comprende un conjunto de flotadores que hacen que el eje gire durante la traslación de la onda, está diseñado para sitios de potencial de ondas baja¹¹⁵, puede absorber energía de ondas de 0,5 a 5 m de

¹¹⁴ Ver en: <http://www.rotarywave.com/en/technology/> Consultado en mayo 2018

¹¹⁵ Ver en: <http://www.rotarywave.com/en/technology/> Consultado en mayo de 2018

altura, tiene gran versatilidad para diferentes tipos de ondas, tamaño del flotador y longitud de brazos.

OSCILLA POWER TRITON. EUA

El generador WEC Oscilla¹¹⁶ Power Tritón¹¹⁷, es llamado ‘medusa mecánica’; Triton es un dispositivo de energía de onda de dos cuerpos, compuesto por un flotador de superficie y un anillo suspendido en el océano; el dispositivo se ve como una barcaza; Triton desde abajo parece una especie de medusa mecánica. A medida que el flotador de la superficie se ondula con las olas, el anillo suspendido resiste ese movimiento; esta resistencia genera energía.



Ilustración 131 – WEC Oscilla Power Triton

Los desarrolladores del Oscilla Power Tritón creen que las piezas móviles han hecho fracasar a los diseños anteriores, por lo que la compañía intentó eliminarlos de su dispositivo. En tanto la mayoría de los otros generadores usan un desplazamiento o una rotación para generar energía.

Triton puede ser considerado como pequeño sistema simplificado de conversión de energía. Sin embargo el dispositivo a escala completa medirá casi 30 m de largo; para ese tamaño, la empresa Oscilla Power manifiesta que cada equipo podrá entregar más de 600 kW de potencia promedio.

¹¹⁶ Ver en: <https://oscillapower.com/triton-wec/> Consultado 01 junio 2018

¹¹⁷ Ver en <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/oscilla-power-triton-wave-energy-converter/> Consultado junio 2018

LYSEKIL. SUECIA

El convertidor de energía de olas Lysekil118 (WEC), desarrollado por el grupo de investigación de energía de las olas de la Universidad de Uppsala, desde que se instaló el primer prototipo en 2006 ha evolucionado a través de una variedad de diseños mecánicos hasta este modelo en 2016. Las cientos de decisiones de ingeniería tomadas a lo largo de los procesos de diseño se han basado en una combinación de teoría, conocimiento de experimentos previos y conjeturas fundamentadas.

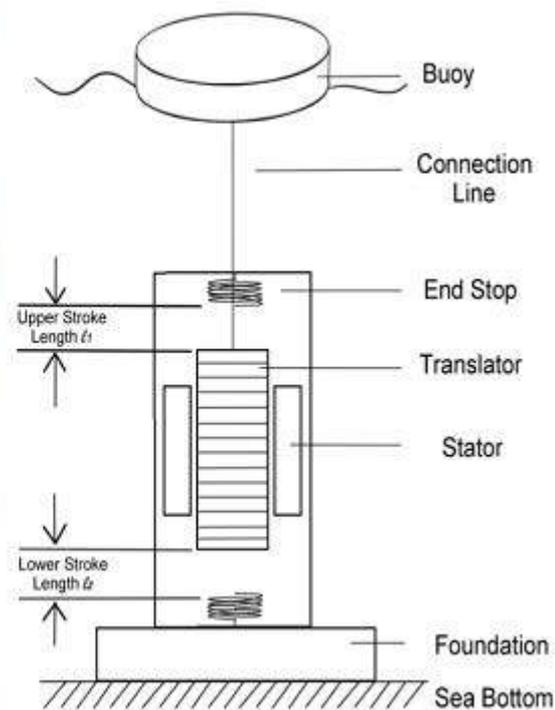


Ilustración 132 – Esquema del dispositivo Lysekil

Un parámetro clave en el diseño del generador lineal es la longitud de carrera; cuando la carrera es larga requiere de un equipo más alto, una carrera corta limita la producción de potencia. El diseño de 2 m de los convertidores actuales ha sido una decisión que tuvo en cuenta el clima de olas sueco, aunque las consecuencias de esta elección sobre la absorción de energía en otros ámbitos aún no se han estudiado.

Cuando esta tecnología se expanda para otros lugares con olas más grandes aparecerán los temas de la longitud de la carrera y la absorción de energía como también la capacidad de supervivencia al mal clima.

¹¹⁸ Ver en: <http://www.mdpi.com/1996-1073/9/9/730> Consultado en mayo de 2018

Los casos de estudio serían: frente a las costas de Suecia, Chile y Escocia; en estos lugares se plantean de 2 a 4 m metros de carrera. Los resultados indican que una longitud de 2 m de carrera es probable que sea una opción para Suecia, pero es posible que sea necesario 4 o más metros en los otros dos casos.



3.3 ENERGIA DE CORRIENTES MARINAS y FLUVIALES

TURBINA FLUVIAL TIPO GIROMILL¹¹⁹. SUDÁN

Entre los años 1980 y 1982 se instaló esta turbina de 3 m de diámetro en el río Nilo en Sudán. El propósito de su instalación fue el bombeo de agua para riego. La turbina Giromill en su origen fue 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.

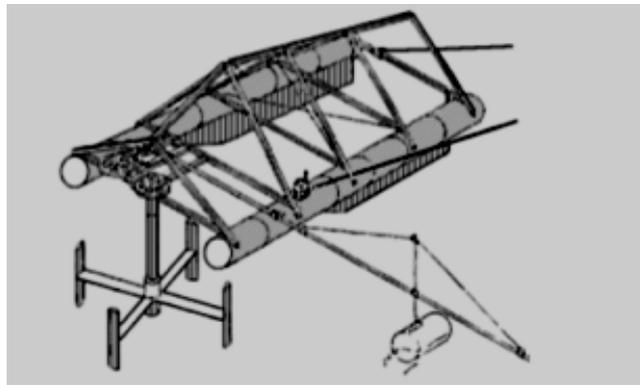


Ilustración 133 – Turbina para riego, tipo Giromill, instalada en Sudán

Usa un rotor de flujo cruzado, de eje vertical tipo Giromill; consta de 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.

TURBINA MARINA DE FLUJO AXIAL LOCH LINNHE. INGLATERRA

Se trata de una turbina sumergida en el seno de una corriente marina; se encuentra 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 m.

Marine Current Turbines S.A. (MCT) desarrollo la turbina entre 1992-1993; su instalación en Loch Linnhe, Escocia fue en el año 1994; la potencia fue de 15 kW para una velocidad de corriente de 2,25 m/s.

¹¹⁹ P Fernández Díez; pfernandezdiez.es, paper: II.- Energía de las Corrientes Marinas, Ítem II.2.- Tecnología, Corrientes marinas y mareas. II.- página 44

El propósito de este equipo fue la evaluación del recurso energético de las corrientes marinas con potencial eléctrico. Se estimaba que es posible obtener 20 TWh/año, aproximadamente, a un costo menor de € 0,15/kW.

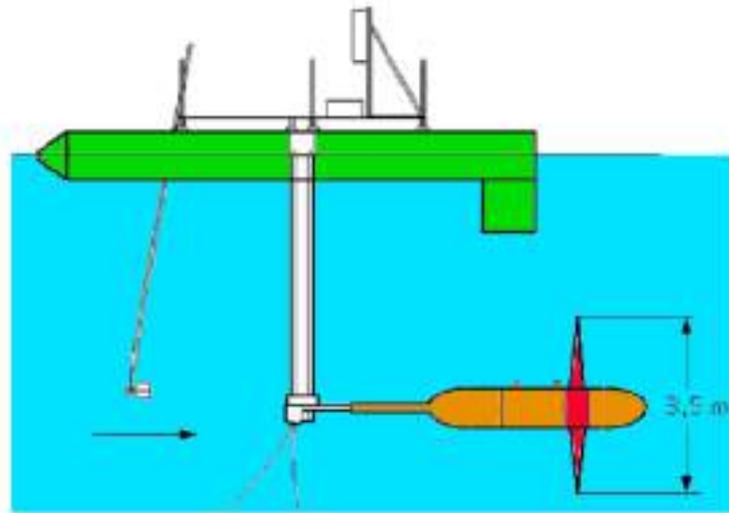


Ilustración 134 – Turbina de Loch Linnhe

TURBINA MARINA DE FLUJO CRUZADO TIPO KOBOLD¹²⁰. EUA-ITALIA

Desarrollado por Davis Hydro, California, New York, Vermont, Maryland y New Hampshire, EEUU) se instaló en el estrecho de Messina en Sicilia.

Davis desarrolló una turbina de flujo cruzado en 1981, a continuación construyó un prototipo de 20 kW y estimó que su potencia podría alcanzar los 45 kW. Posteriormente, se instaló en el estrecho de Messina (Sicilia) una turbina de 5 m de alto, 6 m de diámetro con 3 álabes que genera unos 50 kW con una corriente de 2,4 m/s.

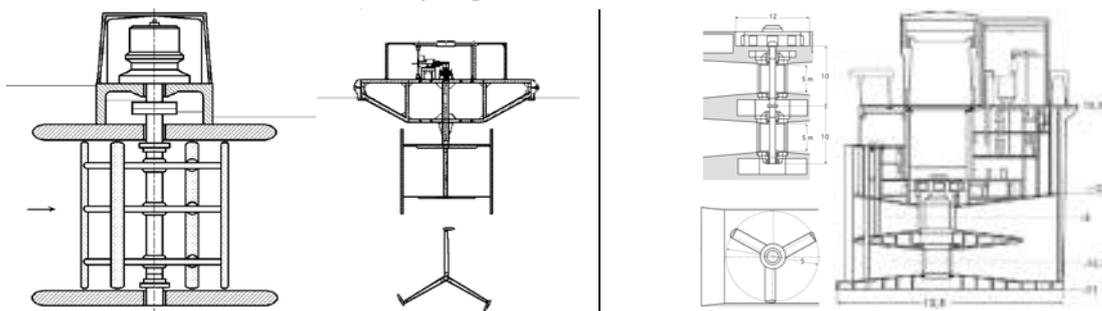


Ilustración 135 – Turbina de flujo cruzado (Izq.: Flotante – Der.: En dique)

¹²⁰ 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

En Italia, a finales de 1990, se desarrolló un prototipo de una turbina de flujo cruzado (Kobold) de 130 kW. Este dispositivo se desplegó en el estrecho de Messina. Sicilia, allí la velocidad de las corrientes es de 1,5 m/s a 20 m de profundidad. A partir del modelado numérico, se estima una eficacia máxima del 42% para la turbina Kobold.



Ilustración 136 - Turbina Kobold

Kobold es una turbina de flujo cruzado, consta de una turbina tripala de 6 m de diámetro y una cuerda de 0,4 m, puede funcionar con flujos variables, se instala sobre una plataforma flotante cilíndrica amarrada en el fondo del mar; el sentido de rotación resulta independiente de la dirección de la marea; presenta un valor elevado del par de arranque. Se trata de una turbina que puede trabajar a una velocidad de corrientes bajas de 1,2 m/s sin necesidad alguna de dispositivos externos que ayuden a hacer girar el rotor; consta de una estructura de acero con largueros longitudinales recubiertos de fibra de carbono, cada pala es sostenida por dos brazos.

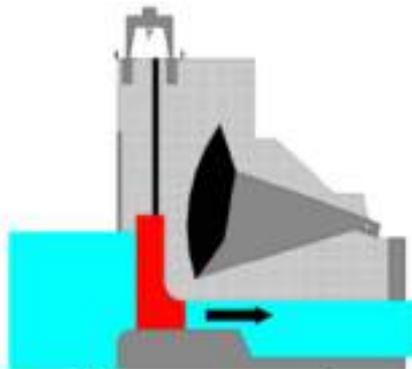
Este equipo se caracteriza por su buen rendimiento, funcionamiento simple y bajo mantenimiento. Además de los ensayos en Italia están previstos otros en China.

TURBINAS MARINAS O DE RIO EN CONDUCTO. AUSTRIA

Se utilizan turbinas Kaplan de eje horizontal dispuestas matricialmente según el espacio disponible y el flujo de agua pueden generar entre 200 y 600 kW; se pueden instalar en estructuras existentes. La central eléctrica de Freudenu cuenta con esclusas marítimas.

Otras variante son las turbinas Agonitz pueden ir instaladas tanto en los sistemas de dique como en el vertedero. En los ensayos del prototipo, se logró un récord de rendimiento y un óptimo comportamiento en el funcionamiento. El diámetro del rotor: 1.12 m; la potencia de turbina individual es de 380 kW, la potencia de la central es de 5 MW; la producción anual de energía eléctrica 3,7 GWh.

El estado actual es de producción de energía eléctrica en forma comercial.

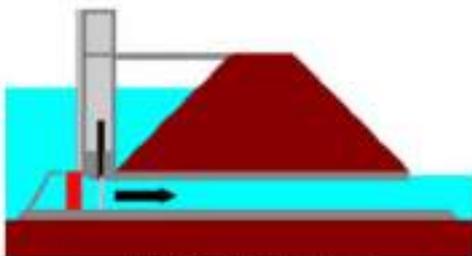


Sistemas en vertedero

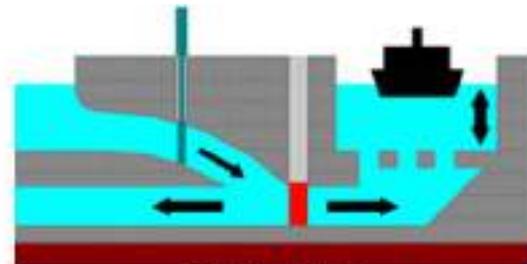


Sistemas de irrigación

Ilustración 137 - Aplicación



Admisión en estructuras



Esclusas marítimas

Ilustración 138 - Aplicación



Ilustración 139 - Matriz de 5x5 instalada en Freudenu



Ilustración 140 - Estructura de esclusas de Freudenau

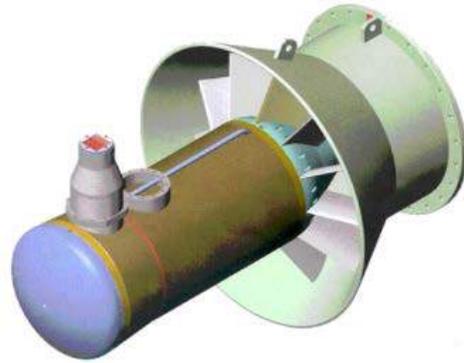


Ilustración 141 - Prototipo Agonitz

GENERADOR OSCILANTE MARINO DE CORRIENTE. INGLATERRA-ESCOCIA

Claramente no califica como turbina, pero para evitar crear una nueva tipología, lo colocamos dentro de los generadores accionados por corrientes marinas. Los ensayos se realizaron en Yell Sound cerca de las islas Shetland (Escocia). Se estima que el potencial aprovechable que existe en estas islas es de 140 MW para una velocidad de 2 m/s. El prototipo fue ensayado durante dos semanas promediando 90 kW de potencia con corrientes de 1,5 m/s.

Fue producido y montado por Engineering Bussines Ltd. Se considera que es un dispositivo que no genera un impacto medioambiental significativo.

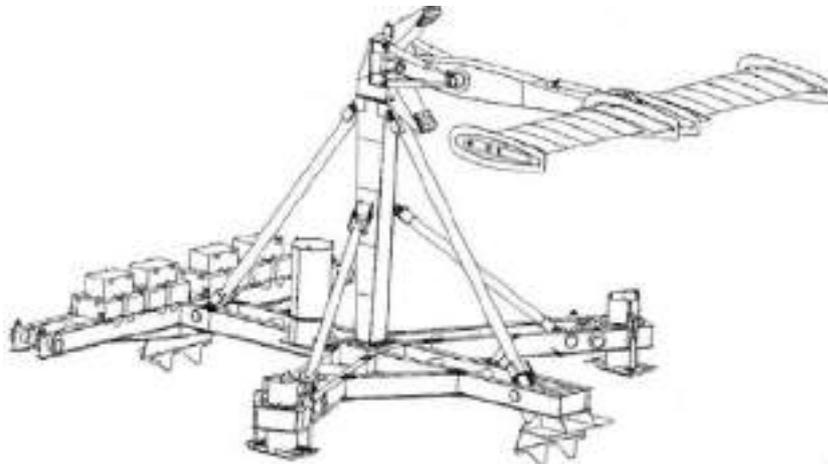


Ilustración 142 - 1ra generación del Stingray de 150 kW 121

¹²¹ Marine current resource and technology methodology - Technology: Oscillating Hydrofoil - web: http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/05-06/marine_renewables/technology/oshydro.htm

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, este movimiento comprime un aceite que mueve un motor hidráulico conectado a un generador eléctrico. La energía se genera es de corriente continua, la cual se transporta por un cable submarino hasta una estación ubicada en la costa donde se transforma de corriente continua a alterna. A partir de los resultados obtenidos, la empresa está diseñando una segunda generación capaz de proporcionar 500 kW. Sin embargo este proyecto en la actualidad está suspendido.

TURBINA FLUVIAL DE CORRIENTE¹²². EUA

En julio de 2009, comenzó una prueba de seis meses de una turbina piloto escala 1:3. Es un de diseño de "turbina envuelta" que canaliza el agua a través del rotor cuyas palas que están diseñadas para una velocidad de rotación lenta con el objetivo de minimizar el impacto a los peces. Las turbinas se ubicarán a unos 4 m del lecho del río; a esa profundidad su velocidad varía entre 3 a 4 m/s.

Los ensayos se realizaron durante el año 2009 en el Río Mississippi: la potencia de la turbina fue de 35 kW. Actualmente se encuentra fuera de servicio.



Ilustración 143 - Proyecto FREE FLOW POWER

¹²² Frank Jossi; June 21, 2011 – En la Web <http://www.midwestenergynews.com/2011/06/21/startups-explore-alternative-hydro-power-on-the-mississippi/>

TURBINA GESMEY. ESPAÑA¹²³

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, tiene un buen rendimiento y un mantenimiento sencillo.

Los ensayos se realizaron en el año 2008 en el Estrecho de Gibraltar; la potencia del equipo fue de 10 kW

Se diseñó para aprovechar la energía de las corrientes marinas situadas a profundidades superiores a los 40 m; se pudo ensayar en corrientes con velocidad inferior a los 2 m/s. Luego de cumplir con los objetivos previstos, en la actualidad se encuentra desactivado.

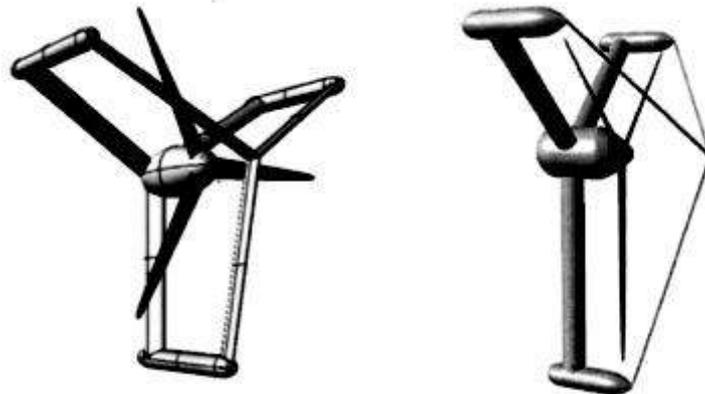


Ilustración 144 – Diseños conceptuales del Gesmey: Prototipos GSY-A6-5 y GSY-U1M

¹²³ 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

TURBINA MARINA SEAFLOW DE CORRIENTE¹²⁴. IRLANDA DEL NORTE

El dispositivo fue desarrollado por Harland & Wolff de Belfast. El equipo Seaflow fue instalado 30 mayo 2003 con una potencia de 300 kW

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 m de diámetro. Se instaló a una profundidad de 24 m \pm 5 m. Su fabricante Marine Current Turbines TM Ltd. argumenta como ventajas del equipo integridad estructural, bajo costo de mantenimiento y bajo impacto ambiental.

Aún hoy se encuentra en la etapa de ensayos; se lo ha tomado como paso previo al Proyecto SeaGen que se describirá a continuación.



Ilustración 145 – En operación



Ilustración 146 – En mantenimiento



Ilustración 147 - Álabes y Torre

¹²⁴ Marine Current Turbines: feedback on experience so far by Peter Fraenkel - Presentacion en PPT: Energies Renouvelables en Mer 20 et 21 Octobre 2004 - Brest, France - Marine Current Turbines Ltd The Court, The Green, Stoke Gifford, Bristol BS34 8PD, UK. www.marineturbines.co

Su funcionamiento es similar al de un aerogenerador eólico¹²⁵, de forma que el flujo de la corriente marina hace girar el rotor. El buje del rotor puede orientarse 360° para estar siempre de frente a la corriente.

En los años 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, ya que se consiguieron eficiencias del orden del 40% y la obtención del 25% de la energía disponible.

En el año 2006, se inicia la segunda fase, el proyecto Seagen, que consistió en un generador¹²⁶ con dos hélices¹²⁷ bipalas de 16 m de diámetro, que llegarían a producir 1 MW al girar entre 10 y 20 rpm.

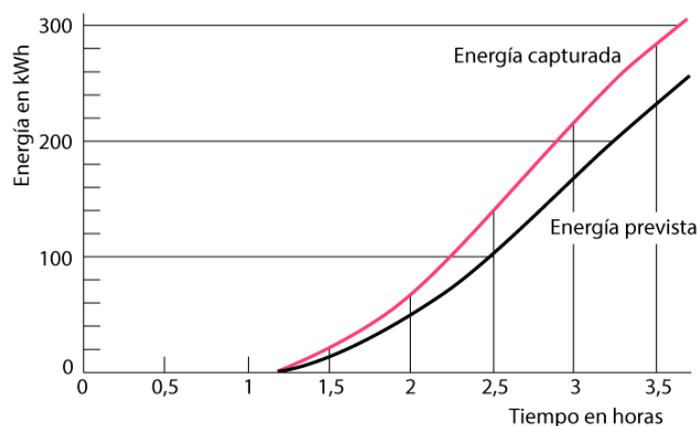


Ilustración 148 – Comparación entre la energía capturada en el prototipo y la prevista

Estos equipos pueden funcionar con flujos de agua en una dirección o en la dirección contraria y pueden aprovechar entre 5 y 10 veces más energía por cada m² de superficie que un molino eólico, esto se debe a que el agua es un fluido mucho más denso que el aire; esto permite que los equipos sean más pequeños y eficientes. El costo de la energía utilizando esta tecnología es de €0,10/kWh, similar al de un generador eólico.

La tercera fase, prevista a partir de 2012, consiste en la instalación de un parque de cinco turbinas de 5 MW de potencia con lo cual se considera que se alcanzarán condiciones más competitivas.

¹²⁵ P Fernández Díez; pfernandezdiez.es; II.1.- Aprovechamiento de la energía de las corrientes marinas; Corrientes marinas y mareas. II.- página 41.

¹²⁶ 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

¹²⁷ 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 Engineering Rotterdam, The Netherlands June 19-24, 2011.

PROYECTO SEAGEN. IRLANDA DEL NORTE

Se instaló en Strangford Narrows, Irlanda del Norte; su fabricante fue Marine Current Turbines TM Ltd, como paso siguiente al Proyecto Seaflow, posee un rotor de flujo axial¹²⁸, con control de ángulo ataque de pala, 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.



Ilustración 149 – Proceso de construcción



Ilustración 150 – Proceso de construcción

¹²⁸ 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



Ilustración 151 – Ubicación geográfica



Ilustración 152 – Próximo paso: granja Seagen de de 10 MW

Se colocarán a una profundidad entre $24\text{ m} \pm 5\text{ m}$; los rotores y las carcasas del generador se ubican por encima del agua para su mantenimiento. El transformador y las conexiones eléctricas a la red son visibles y accesibles pues están ubicadas en la caseta de servicio sobre la parte superior de la columna pilote.

Este dispositivo se encuentra en etapa de ensayo; el objetivo futuro es el desarrollo de granjas de centenares de equipos a instalar en Anglesey Skerries. Gales.



Ilustración 153 - Tecnología

TURBINA INVAP¹¹¹. ARGENTINA

Esta turbina de corriente con 4 palas de paso fijo se encuentra en estado experimental; el propósito es que pueda utilizarse tanto en el mar como en ríos; cuenta con un canalizador de flujo (venturi) que acelera la corriente de agua para lograr velocidades adecuadas para generar energía. El rotor es de paso fijo, acoplado directamente a un generador multipolos de imanes permanentes, capaz de generar tensión y frecuencia variables; tiene incorporado un dispositivo electrónico capaz de entregar corriente alterna 220/380V – 50 Hz.

Durante la etapa de desarrollo de este producto, INVAP ha diseñado y fabricado un rotor del orden de 1 kW, con el objeto de caracterizar su desempeño en condiciones de flujo no perturbado, lo más laminar posible para luego ensayarlo en un flujo de agua libre (en río, sin venturi). Luego de ello se diseñará y fabricará el primer prototipo con un generador de unos 4,5 kW; dicho equipo estará equipado con dos rotores gemelos, lo cual resulta especialmente apropiado para cursos de agua con poca profundidad. De esta manera, se obtendrá una potencia final de entre 9 y 10 kW por unidad. La intención es proporcionar al mercado turbinas de 1 kW, 4,5 kW y 30 kW de potencia.

También están trabajando en un conjunto "venturi-rotor-generador" de 30 kW de potencia unitaria, constituye un módulo de potencia media apto para utilizar en los modelos de turbina de 30, 60 y 90 kW, potencia que se logrará colocando uno, dos o tres rotores gemelos.



Ilustración 154 - Generador

TURBINA FLOTANTE PARA CURSOS DE AGUA CON PENDIENTE¹²⁹. ARGENTINA

Esta turbina fue desarrollado por el equipo liderado por el Ing. Carlos Labriola en la Universidad Nacional del Comahue; 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 un multiplicador a un generador de imanes permanentes de neodimio-hierro-boro; la electricidad generada carga un sistema de baterías situadas en la orilla. Mediante moduladores y transformadores se genera corriente alterna trifásica” y agregó que “la innovación está en el uso de aspas construidas con resinas reforzadas con fibras de vidrio, los diseños originales de las aspas de la década de 1980 eran metálicas, y además la utilización de generadores con súper imanes que permiten la obtención de mayor potencia”. Estas turbinas se pueden usar en cursos de agua con 1,2 a 3 m/s de velocidad, con potencias entre 250 a 600 W.



Ilustración 155 - Prototipo

TURBINA INVAP PARA RÍOS. ARGENTINA¹³⁰

El conjunto turbina-generador fue desarrollada por INVAP y la Universidad Nacional de Cuyo; posee un largo de 1200 mm y el generador de 4,5 kW de potencia se encuentra en el interior de una carcasa cuyo diámetro es de 300 mm. Esta carcasa tiene una forma hidrodinámica y está sostenida por un pilón de 1800 mm de largo que está solidariamente unido a la estructura de sostén tipo viga que cruza el canal en forma transversal.

El dispositivo ensayado tiene un rotor compuesto de 3 alabes y posee un diámetro del rotor hidráulico de 450 mm.

¹²⁹ 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>

¹³⁰ En <http://cienciaytecnologiaenargentina.blogspot.com.ar/2015/07/construiran-un-parque-hidrocinetico-en.html> (publicado julio 2015; consultado enero 2018)



Ilustración 156 - Dispositivo

El eje está acoplado directamente al eje del generador; los ensayos fueron realizados en el canal San Martín del río Mendoza donde la velocidad del agua varía según el caudal transportado y la pendiente del tramo considerado. En el punto de ensayo para la turbina piloto las velocidades fueron desde 3.10 m/s para un caudal de 10 m³/s hasta 4.28 m/s para un caudal de 35 m³/s.

TURBINA NEW ENERGY CORPORATION. CANADÁ

New Energy Corporation se asoció con la nación Sagkeeng de Manitoba para instalar la turbina hidrocínética de 25 kW en el río Winnipeg¹³¹. En julio de 2017 se comenzó a probar la turbina y su instalación comenzará a principios de 2018. En asociación con el Canadian Hydrokinet Turbine Test Centre; el Natural Resources Canada y Canmet ENERGY se encargarán del monitoreo del rendimiento de la turbina¹³².



Ilustración 157 - Preparándose para la puesta en marcha en Manitoba

TURBINA APEX VENTURI. CANADÁ

La empresa Apex Global asociadas con Tidal Energy Systems Ltd realizaron ensayos de su turbina Davidson-Hill Venturi; esta turbina tipo Venturi fue patentada; tiene la característica que la turbina gire más rápido que las turbinas de características similares.

¹³¹ OES, Annual Report 2017, pág 54.

¹³² Fuente www.newenergycorp.ca/2016.html (consultado marzo 2018)

Su campaña de pruebas comenzó a fines de 2017, para ofrecer el mejor servicio a los desarrolladores de turbinas hidrocinéticas, su desempeño fue completamente caracterizado por el Canadian Hydrokinet Turbine Test Centre (CHTTC)¹³³.



Ilustración 158 – Izq.: Turbina Avidson-Hill Venturi de Apex Global Power Corporation. / Der.: Instalación de prueba de la turbina Davidson-Hill Venturi de Apex Global Power Corporation¹³⁴

TURBINA DE CORRIENTE ZJU. CHINA

La Universidad de Zhejiang (ZJU) instaló en el año 2015 una turbina de corriente mareomotriz de 120 kW cerca de la isla Zhairuoshan (donde ya se contaba con una turbina de 60 kW instalada en 2014). Hasta la fecha, la generación total de energía ha acumulado más de 30 MWh. Estas instalaciones son demostrativas.



Ilustración 159 – Foto del sistema Pitch



Ilustración 160 – Foto del sistema hidráulico

Esta universidad en el año 2015 obtuvo el financiamiento para desarrollar una nueva turbina de 600 kW. En el futuro, la estación puede servir como una plataforma de prueba para las turbinas de energía de corriente de las mareas. Las imágenes pertenecen a un informe publicado por la Universidad en el 2010¹³⁵.

¹³³ Fuente University of Manitoba, <http://www.chttc.ca/ongoing.html> (consultado marzo 2018)

¹³⁴ Fuente www.chttc.ca/ongoing.html (consultado marzo 2018)

¹³⁵ Tidal current turbine based on hydraulic transmission system. En www.jzus.zju.edu.cn/oldversion/opentxt.php?doi=10.1631/jzus (consultado marzo 2018)

Las turbinas ZJU de 60 kW y 120 kW son de eje flotante de transmisión semi directa. Una nueva turbina de 300 kW basada en turbinas ZJU será ensamblada y probada en 2018 por Guodian United Power Technology Co. y la Universidad de Zhejiang ¹³⁶.



Ilustración 161 – Universidad de Zhejiang, potencia 60 kW



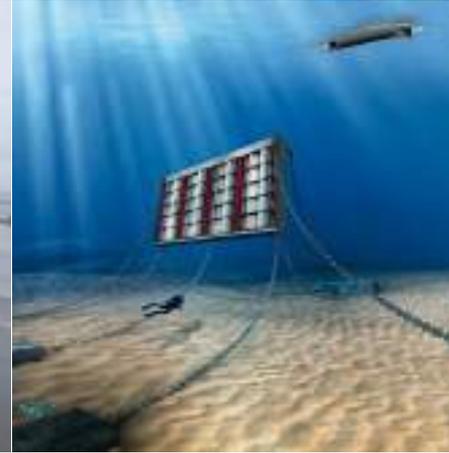
Ilustración 162 - Imágenes de OES Annual Report 2017, pág 59

TURBINA SAVONIUS. ALEMANIA

REAC Energy GmbH ¹³⁷ de Baviera probó en octubre de 2017 su turbina de corrientes de marea con tecnología modular en el EMEC de Orkney. La turbina Savonius llamada "StreamCube" es de eje vertical con geometría de rotor autoajustable, con una potencia nominal de 6 kW. El StreamCube® es una turbina pendiente de patente diseñada para velocidades de corriente entre 1.0 m/s y 2.5 m/s. Las aspas del StreamCube® se ajustan automáticamente a su posición angular con respecto al rotor.

¹³⁶ En <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/121/5/052079/pdf> (consultado marzo de 2018)

¹³⁷ Fuente www.reac-energy.com/stream_cube_energy_solution.html (consultado marzo 2018)

*Ilustración 163 - Despliegue de la unidad**Ilustración 164 - Imagen conceptual*

TURBINA SABELLA D10¹²⁰. FRANCIA

La turbina mareomotriz D10 de 1 MW, con un diámetro de rotor de 10 m y una altura de 17 m, con un peso de alrededor de 450 ton, se instaló en junio de 2015 en el Estrecho de Fromveur, frente a la isla Ushant, en noviembre de 2015 se conectó a la red eléctrica de la isla Ushant. La empresa Sabella planea verificar el funcionamiento de varios componentes de la turbina e implementar los ajustes; además reemplazar parte del cable que se dañó durante la instalación de la turbina en 2015; el objetivo es realizar una nueva serie de pruebas a la máxima capacidad de potencia de la turbina. La nueva campaña de pruebas está programada para comenzar en 2017.

*Ilustración 165 – Sabella D10*

3.4 TÉRMICA MARINA

CONVERSIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA OCEÁNICA (CETO/OTEC)

INTRODUCCIÓN

La energía maremotérmica, o Conversión de Energía Térmica Oceánica (CETO); en idioma inglés Ocean Thermal Energy Converter (OTEC), es la 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 de base pues su funcionamiento es continuo, día y noche, las cuatro estaciones del año.

Al usar el agua superficial para calentar un líquido de una temperatura de ebullición baja (mediante un intercambiador de calor), se transforma este líquido en vapor; de forma tal que el vapor generado puede mover una turbina para generar electricidad. Luego, este vapor se enfría en otro intercambiador de calor en contacto con el agua fría de las profundidades, para luego reiniciar el ciclo de generación¹²⁰.

Es importante aclarar que las diferencias de temperaturas aprovechables de los océanos se refieren a las temperaturas superficiales y aquellas situadas en los 1.000 m de profundidad, además solamente es técnicamente aprovechable entre los 40° de latitud sur y 40° de latitud norte; casi 100 países cumplen con esa condición^{138,139,140}.

Respecto a la madurez de la tecnología, se parte de un estado actual donde empresas y gobiernos nacionales patrocinan diversos proyectos, en particular aquellos países que cuentan con capacidad geográfica de explotación del recurso térmico¹²³.

¹³⁸ Ver en http://www.opotec.jp/english/what_is_otec/04.html

¹³⁹ Source: <https://www.ocean-energy-systems.org/oes-projects>

¹⁴⁰ Fuente OES Annual Report 2017, Pág. 38

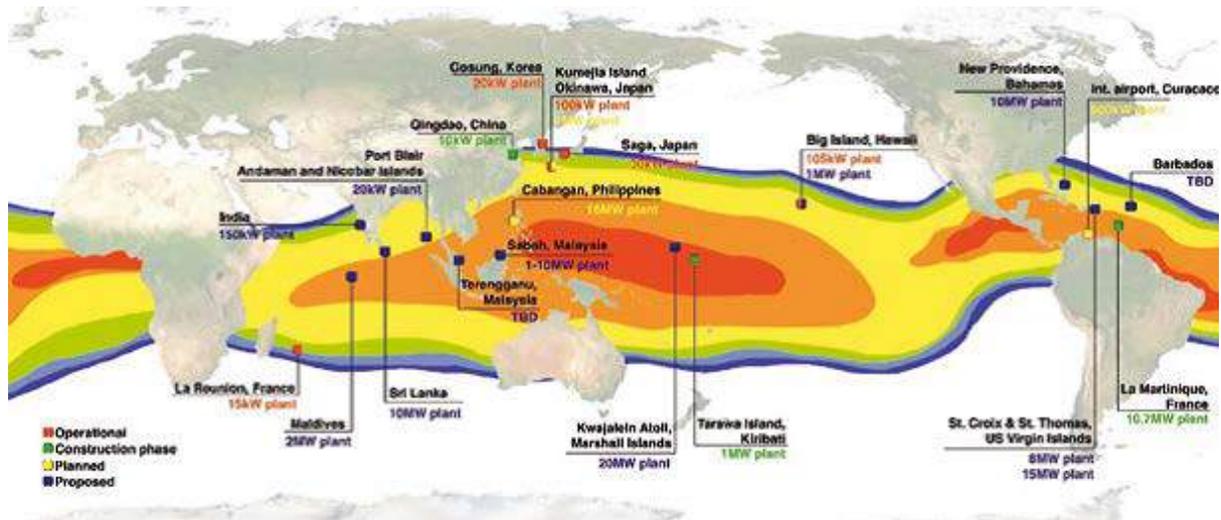


Ilustración 166 – Plantas maremotérmicas en el mundo¹⁴¹

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 térmicas oceánicas; también llamadas “grazing plant” (instalaciones de pastoreo) para “recoger energía” en zonas cálidas y utilizarlas para producir hidrógeno mediante electrólisis y luego enviar el hidrógeno a países con necesidades energéticas, o bien emplearlo para la fabricación de amoníaco y fertilizantes amoniacales para los países en vía de desarrollo. También podría comercializarse el oxígeno obtenido en la electrólisis. Actualmente, las plantas térmicas oceánicas demandan inversiones elevadas (entre USD 7.000 y 15.000/kW), lo que significa aproximadamente diez veces lo necesario para sistemas energéticos convencionales. Paralelamente, la eficiencia de estas instalaciones es baja respecto de los rendimientos de un Ciclo de Carnot.

Se puede comprender que su desarrollo es aún embrionario si agregamos a esto que dichas instalaciones están sometidas a condicionantes como pueden ser la distancia a la costa del recurso térmico y la profundidad a la cual debe ser captada el agua fría del fondo del mar (aprox. 1.000 m), además de las situaciones como tormentas y huracanes. 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 ciclo cerrado, ciclo abierto o híbrido.

El agua caliente de la superficie del mar se bombea hacia un intercambiador de calor por el que circula el fluido de trabajo, el cual se vaporiza al absorber el calor del agua.

Los sistemas de ciclo cerrado emplean como fluido de trabajo productos de bajo punto de ebullición, como el amoníaco (NH₃) o el R134A (tetra fluoretano, CH₂FCF₃), para accionar a una turbina que a su vez mueve un alternador que genera energía eléctrica.

¹⁴¹ Fuente: <https://www.ocean-energy-systems.org/oes-projects>

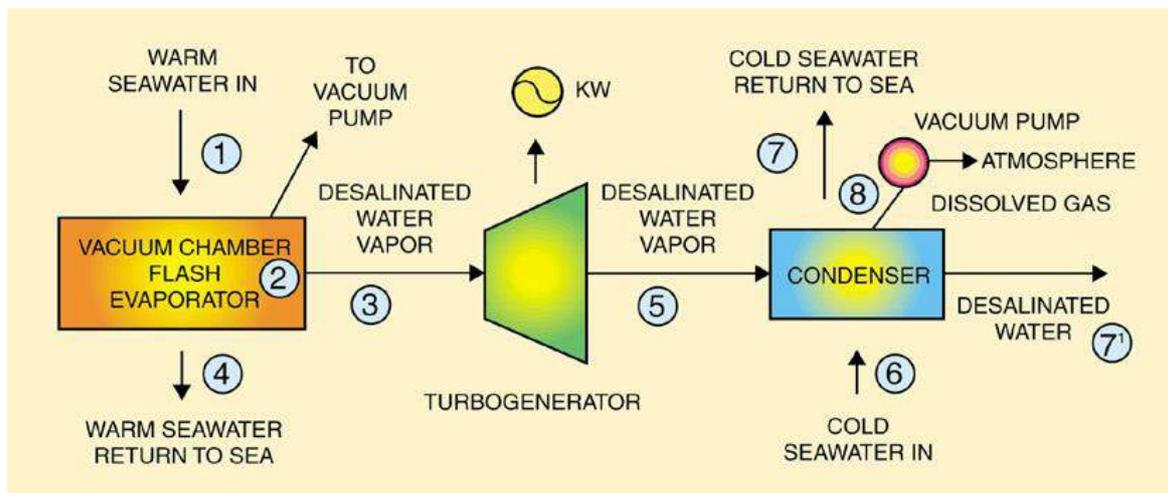


Ilustración 167 - Esquema del Ciclo Abierto¹⁴²

La expansión del vapor hace girar el grupo turbina generador. Tras la expansión en la turbina, el vapor, atraviesa un segundo intercambiador de calor por el que circula el agua fría extraída de las profundidades. El vapor se condensa y pasa a la fase líquida, tras lo cual vuelve a ser bombeado hacia el primer intercambiador para reiniciar el ciclo térmico.

Los sistemas de ciclo abierto utilizan la propia agua caliente de la superficie del mar para la producción de electricidad. El agua se introduce en un recipiente que se mantiene a una presión inferior a la atmosférica por lo que entra en ebullición y vaporiza, este vapor se torna en agua pura libre de sales y contaminantes.

El vapor en expansión acciona una turbina de baja presión, que hace funcionar al generador eléctrico. El vapor expandido se condensa en el intercambiador de calor por el que circula el agua fría de las profundidades marinas. El vapor condensado se puede usar como agua potable 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.

¹⁴² 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/>

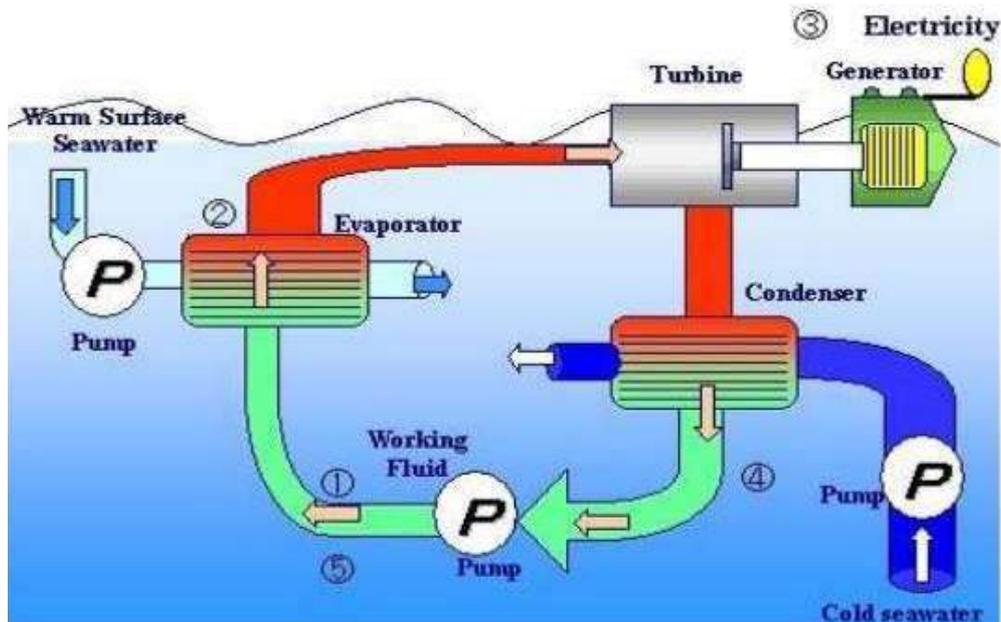


Ilustración 168 - Esquema del Ciclo Cerrado Anderson¹⁴³

El agua de mar superficial se evapora instantáneamente en una cámara con vacío (*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.

OTRAS TECNOLOGIAS EN ESTUDIO

OTEC. UNIVERSIDAD DE SAGA. JAPÓN¹⁴⁴.

- SHIRANUI N°1 A N° 5

La Universidad de Saga realizó una serie de ensayos de un equipo que denominó Shiranui; en estos ensayos se fue incrementando la potencia de los mismos; el equipo más pequeño fue el "Shiranui N°1" de 1 W y el más grande resultó el "Shiranui N°5" de 1,9 kW.

- OTEC SAGA UNIVERSITY. JAPÓN

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

¹⁴³ 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 enero 2018. Ver en <https://www.slideshare.net/PrashantTipu/otec-54791316>.

¹⁴⁴ Ver en http://www.ioes.saga-u.ac.jp/en/about_lab_02.html. Consultado en 2014. Revisado enero 2018



Ilustración 169 - OTEC SAGA UNIVERSITY 50 kW

En 1982 se pone en marcha en Imari una planta piloto de 75 kW de potencia, con un ciclo de Rankine de tipo cerrado modificado denominado como "Método OTEC de la Universidad de Saga".

En la conferencia internacional OTEC celebrada en el Reino Unido en marzo de 1984, se presentó esa tecnología patentada, esta innovación despertó el interés entre los muchos participantes y desde entonces pasó a denominarse "Ciclo Uehara" por el nombre de su inventor.

Ciclo Uehara¹⁴⁵

El sistema de ciclo cerrado original Rankine¹⁴⁶ fue mejorado Uehara mediante la implementación de una mezcla amoníaco/agua como fuente de calor.

En 1985 se terminó de construir la planta piloto de 85 kW que en 2009 generó energía útil utilizando amoníaco/agua como fluido de trabajo¹⁴⁷; la meta es alcanzar próximamente la potencia de 1 MW para poder operar comercial.

¹⁴⁵ http://www.nmri.go.jp/main/cooperation/ujnr/24ujnr_paper_jpn/Kobayashi.pdf

¹⁴⁶ Uehara Cycle. Ver http://www.opotec.jp/english/uehara_cycle.html

¹⁴⁷ Ver en http://www.otecnews.org/wp-content/uploads/2013/11/Ikegami_Mutair_Saga_University.pdf

En la mitad del año 2012, las empresas japonesas de ingeniería HI Plant Construction Corporation, Xenosys 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 Kumejima¹⁴⁸.

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)^{149,150}.

Los diseños más conocidos pertenecen a la empresa Xenosys, la cual ha adquirido los derechos de la tecnología del Ciclo Uehara. También cuenta con mini planta¹⁵¹ que puede ser replicada de manera comercial (ver videos de la planta de Okinawa¹⁵²). En 2007, en Arabia Saudita y Kuwait se estudiaba adoptar la tecnología desarrollada por Xenosys/Saga University¹⁵³. Algunos de los equipos disponibles¹⁵⁴ para plantas OTEC pueden consultarse en la web¹⁵⁵.

MAKAI OTEC. HAWAII. EUA

En noviembre de 2013, Makai Ingeniería Oceánica¹⁵⁶ recibió USD 3,6 millones, mediante un contrato de investigación y diseño de un sistema comercial OTEC. La inversión fue orientada a mejorar los intercambiadores de calor que representan 1/3 del costo de la planta, además deben tener gran performance, bajo costo y resistencia a la corrosión¹⁵⁷.

Según informa Makai Ocean Engineering desde el 20 de agosto de 2015 comenzó a operar en Hawái una planta de energía térmica oceánica de 100 kW conectada a red, lo que la convierte en la mayor del mundo. Con un costo final cercano a los USD 5 millones, la planta genera electricidad para el equivalente de 120 familias. La electricidad se genera en una estación ubicada en tierra¹⁵⁸.

¹⁴⁸ Ver en <http://www.otecnews.org/2012/07/otec-pilot-plant-to-be-built-in-okinawa-prefecture/>

¹⁴⁹ Ver en http://www.wageningenur.nl/upload_mm/4/8/a/9c916db6-96d3-40a1-b47e-89c1228a27ecjapan%20verslag_gecomprimeerd_DS.pdf

¹⁵⁰ Ver en <http://www.wageningenur.nl/en/newsarticle/Delegation-in-Japan-Ocean-Thermal-Energy-Con- version-OTEC-on-the-island-Kumejima.htm>

¹⁵¹ Ver en <http://www.youtube.com/watch?v=aQmfRNzLNQs>

¹⁵² Ver en <http://www.youtube.com/watch?v=xYh-3BlaPlc>

¹⁵³ Ver en http://www.japanfs.org/en/news/archives/news_id026789.html

¹⁵⁴ Ver en http://lgdata.s3-website-us-east-1.amazonaws.com/docs/1822/1066770/SEA_CHANGE.pdf

¹⁵⁵ Ver en <http://www.xenosys.com/english/products/trackrecord.html>

¹⁵⁶ Ver en <http://www.makai.com/>

¹⁵⁷ Ver en <http://www.districtenergy.org/blog/2013/11/13/makai-receives-funding-to-build-commercial-100kWe-otec-turbine-generator-at-kona-hawaii/>

¹⁵⁸ Ver en https://www.energias-renovables.com/energias_del_mar/hawai-conecta-a-red-la-mayor-planta-

La instalación ha sido financiada por Naval Facilities Engineering Command junto, la Hawái Natural Energy Institute, y desarrollada por Makai Ocean Engineering, firma de diseño e ingeniería con sede en Hawái.

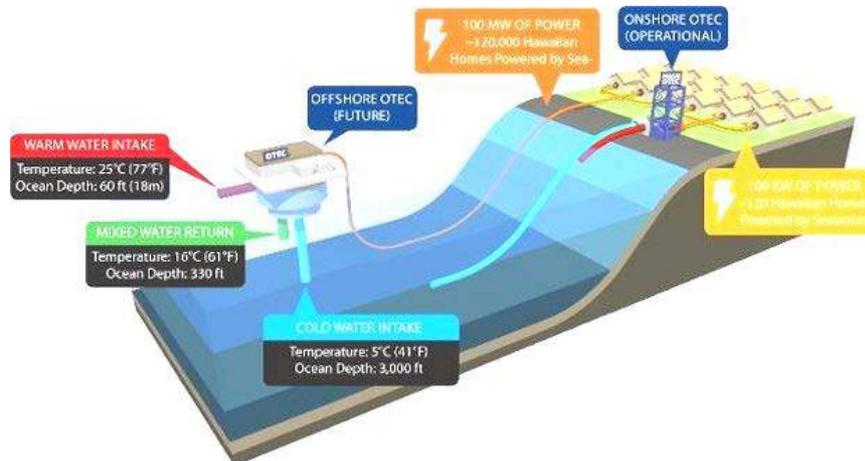


Ilustración 170 – Esquema de funcionamiento



Ilustración 171 - Instalación del intercambiador de calor¹⁵⁹

OTEC DEVELOPMENT.EUA

En 2011, la empresa OTEC Developments/OTEC International fue seleccionada por Natural Energy Laboratory of Hawái Authority (NELHA) para la construcción de una unidad demostrativa de 1 MW de potencia. En 2012, se negociaron términos del acuerdo y se estimó que el costo del proyecto sería de USD 30 millones¹⁶⁰.

En 2013, se negociaron, además de la instalación de la planta en Hawái, otros proyectos en las Islas Caimán (25 MW) y Bahamas (3-5 MW, en una barcaza¹⁶¹).



Ilustración 172 - Prototipo ensamblado e instalado en la Isla Reunión.¹⁶²

OTEC 20 KW. COREA DEL SUR

El Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering (KRISO) y el Korea Institute of Ocean Science and Technology (KIOST) desarrollaron una planta piloto de 20 kW.



Ilustración 173 - Modelo conceptual de 100 W



Ilustración 174 - Instalaciones

¹⁶⁰ <http://www.oteci.com/press-releases/otec-international-llc-moves-forward-on-nelha-planning>

¹⁶¹ <http://www.oteci.com/good-news/enews-archive>

¹⁶² <http://fr.dcnsgroup.com/wp-content/uploads/2010/10/59716.pdf>

En una segunda etapa (período 2014/17) se escalaría a una potencia de 200 kW y se avanzaría sobre el diseño de una planta pre comercial de 1 MW¹⁶³. En enero de 2014 se hizo la demostración pública de funcionamiento de la planta y se incorporaron otras fuentes energéticas que posibilitan el funcionamiento de este tipo de planta fuera de las latitudes de 40° Norte/Sur.

OTEC. FRANCIA

Francia¹⁶⁴ lleva adelante proyectos de I+D+i de equipos OTEC a través de la Unidad de Energía Oceánica del DCSN (Direction des Constructions Navales) para aplicarlos en sus territorios de ultramar. A principios de 2012, puso en marcha un prototipo, que actualmente está funcionando en Saint Pierre. Isla Reunión del Caribe. Este prototipo servirá de prueba y optimización de parámetros, estos datos servirán como base para una planta de 10-20 MW que se piensa construir próximamente¹⁶⁵.

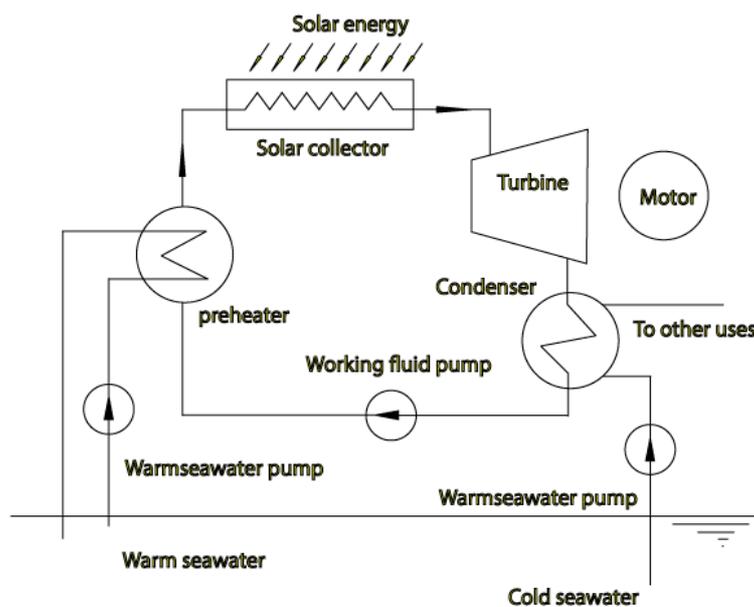


Ilustración 175 – Bosquejo del sistema CC-OTEC con colectores solares

OTEC. EUA-CHINA

China ha avanzado con la empresa Lockheed Martin (EUA), poseedora de 20 patentes CETO/OTEC, conformó un proyecto conjunto con el Grupo Reignwood, con sede en Hong Kong.

¹⁶³ <http://www.ct-si.org/events/APCE2013/partner/abstract/pop.html?i=OTEC160>

¹⁶⁴ <http://fr.dcnsgroup.com/energie/energies-marines-renouvelables/energie-thermique-des-mers/>

¹⁶⁵ http://hinmrec.hnei.hawaii.edu/wp-content/uploads/2013/09/2.1-Bouchet_-DCNS-OTEC-Strategic-Development.pdf

Su intención es planear, 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 local¹⁶⁶. La Universidad Shanghai JiaoTong¹⁶⁷ posee con seis patentes referidas a OTEC¹⁶⁸. Entre los desarrollos más relevantes, se cuenta el diseño de un sistema de Ciclo cerrado OTEC calentado por energía solar.

OTEC. INDIA

Para la conversión de energía térmica oceánica (OTEC), el Instituto Hindi para el Desarrollo de la Energía Térmica Oceánica (NIOT) ha establecido un laboratorio de vanguardia en su campus en Chennai¹⁶⁹. El objetivo es llevar a cabo estudios sobre la OTEC y la desalinización térmica a baja temperatura (LTTD).

El laboratorio está equipado con un sistema de bombeo y almacenamiento de agua de mar de una capacidad de 60 m³. Las temperaturas requeridas en la superficie del mar y en el mar profundo se simulan usando un calentador y enfriador con aceite.



Ilustración 176 – Planta de desalinización OTEC en NIOT, India

Los estudios sobre LTTD, OTEC de ciclo abierto y OTEC de ciclo cerrado se pueden llevar a cabo en esta instalación de prueba junto con combinaciones de ellos. El equipo para esta configuración se ha desarrollado de forma autónoma y eso incluye una turbina para funcionamiento de ciclo cerrado con el fluido térmico R134a y una turbina para funcionamiento de ciclo abierto. La instalación se inauguró el 13 de noviembre de 2017 en el marco de la reunión del Comité Ejecutivo IEA-OES celebrada en Chennai.



¹⁶⁶ <http://phys.org/news/2013-04-partnership-world-largest-otec-china.html>

¹⁶⁷ Ver en http://download.springer.com/static/pdf/852/art%253A10.1007%252Fs12206-008-0742-9.pdf?auth=66=1399833805_95e3b5ad8b9107263e57dc61a2c34ac1&ext=.pdf

¹⁶⁸ <http://me.sjtu.edu.cn/english/Faculty/showDetail.aspx?id=197>

¹⁶⁹ OES Annual Report 2017, pág.78

3.5 GRADIENTE SALINO

La generación de energía se basa en la diferencia de concentración de sales entre el agua de mar y el agua de río. La dilución de las sales del agua de mar en el agua de río produce el fenómeno osmosis y la elevación de la temperatura del agua; esa energía liberada puede ser transformada en energía eléctrica mediante el equipamiento adecuado. Los datos de la descarga de agua de río al mar a nivel mundial estiman una potencia aprovechable de más de 1600-1700 TWh; esto se debe a que existen muchos sitios geográficos donde se podría aplicar esta tecnología¹⁷⁰. Sin embargo aún no existen plantas comerciales en operación.

Entre las tecnologías que están siendo estudiadas que tratan de aprovechar el diferencial de salinidad se destacan las siguientes¹⁷¹:

ÓSMOSIS POR PRESIÓN RETARDADA (PRESSURE RETARDED OSMOSIS (PRO))

Este sistema fue desarrollado por Sidney Loeb y fue patentado en 1973 en Israel y en 1975 en EUA¹⁷²; el principio de su funcionamiento es similar al de la ósmosis pues utiliza la diferencia de densidad entre dos volúmenes de agua cuando están separados por una membrana, estos volúmenes tienden a equilibrar sus concentraciones; la solución diluida ejerce presión a la solución concentrada para diluirla e igualar las concentraciones de sal, esa presión se transforma en energía. La osmosis puede ser positiva o 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.

¹⁷⁰ <http://salinitygradientpower.eu/wp-content/uploads/2011/08/workshop-report-EUSEW.pdf>

¹⁷¹ http://wavec.org/client/files/April_2010_Report_State_of_Art_Ocean_Energy_efm_reduced.pdf

¹⁷² <http://www.google.com/patents/US3906250>

ELECTRODIÁLISIS INVERSA (REVERSED ELECTRO DIALYSIS (RED))

Utiliza el intercambio iónico entre agua potable y agua salada. En este dispositivo los cuerpos de agua están separados con membranas que permiten la migración de los iones. Tanto los aniones y los cationes atraviesan membranas selectivas donde se genera electricidad en forma de corriente continua. Este fenómeno es inverso a la desalinización de agua.

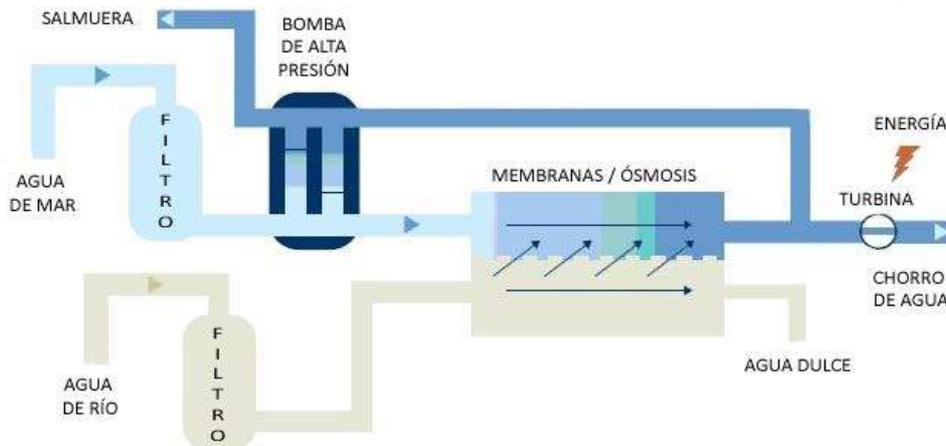


Ilustración 177 - Esquema del Sistema PRO¹⁷³

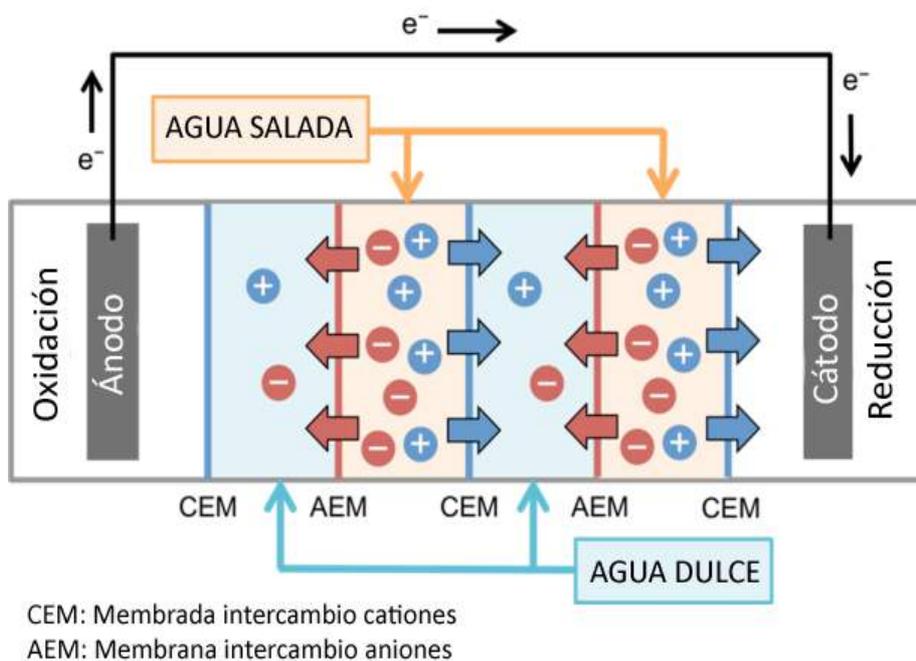


Ilustración 178 - Esquema del Sistema RED

¹⁷³ <http://spectrum.library.concordia.ca/977849/1/Pillay2012f.pdf>

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 en lograr potencias del orden de los 5 W/m^2 , aunque se considera que es posible alcanzar los 10 W/m^2 .

ALGUNOS OTROS DESARROLLOS

PRO REDSTACK TOFTE (HURUM, NORUEGA).



Ilustración 179 - Planta en Tofte (Hurum, Noruega)

En 2009, comenzó a operar la primera planta piloto, basada en el sistema PRO, donde se convierte las presiones osmóticas en presiones hidrostáticas, esto permite el funcionamiento de turbina para generar energía eléctrica; la planta fue construida por la empresa STATKRAFT¹⁷⁴ en Tofte. Noruega.

La planta fue financiada y construida con un subsidio de la Comunidad Económica Europea; la empresa SINTEF¹⁷⁵ se hizo cargo de su funcionamiento. Se diseñó para una potencia de 10 kW pero comienza a operar desde los 2 a 4 kW. El proyecto se discontinuó en diciembre de 2013.

¹⁷⁴ <http://www.statkraft.no/>

¹⁷⁵ <http://www.sintef.no/>

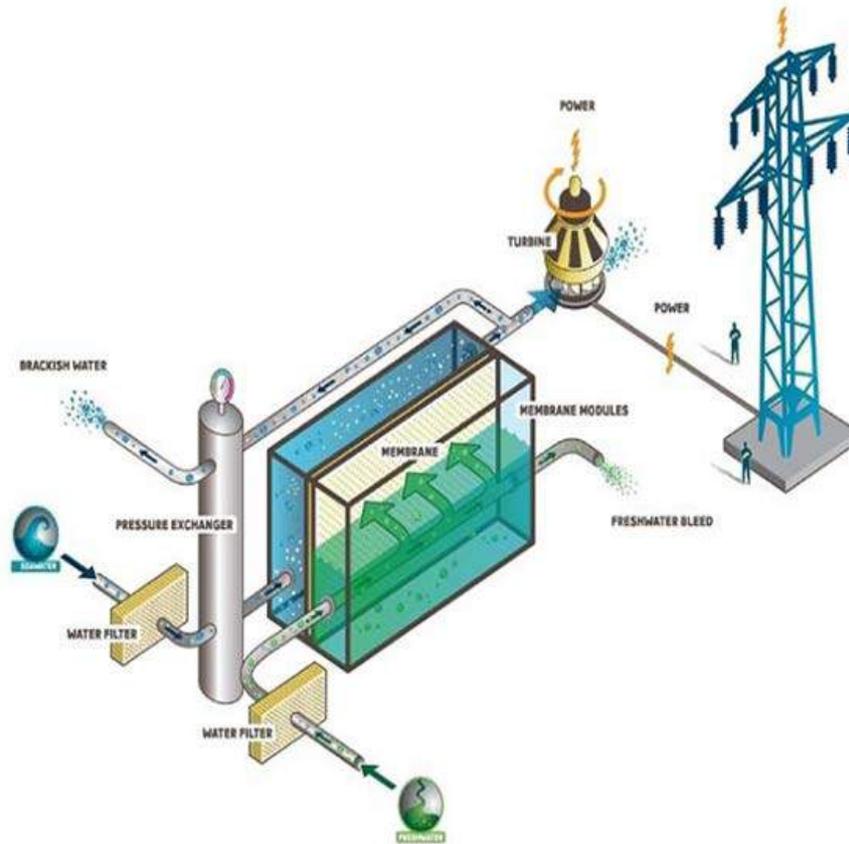


Ilustración 180 - Planta

DISEÑO DE MEMBRANAS PARA TECNOLOGÍA RED

REDSTACK¹⁷⁶, un spinoff de Wetsus¹⁷⁷, colabora con Fujifilm y la propia Wetsus para el diseño de membranas tratando de desarrollar tecnologías RED.

Actualmente en pruebas de laboratorio se logró alcanzar una densidad energética de 2 W/m^2 ; el objetivo es duplicar la potencia es decir llegar a 4 W/m^2 .

¹⁷⁶ www.wetsus.nl

¹⁷⁷ <http://www.redstack.nl/>



Ilustración 181 – Tecnología REDSTACK

Frente a las costas holandesas¹⁷⁸ en el mar de Wadden, la empresa RedStack piensa instalar una planta piloto. Se estima que con un caudal continuo de 1000 L/s de agua dulce mezclada con la misma cantidad de agua de mar se podría lograr una potencia de aproximadamente 1 MW.

Las posibilidades que brinda ese sitio son extraordinarias pues una planta con tecnología osmótica tiene el potencial de generar 200 MW considerando un caudal de 200.000 L/s, la proyección es que en tres años se pueda alcanzar la escala comercial¹⁷⁹.

PRO. KYOWAKIDEN INDUSTRY. UNIVERSIDAD DE NAGASAKI. JAPÓN

“Esta planta piloto PRO ha operado con éxito durante un año y ha logrado una densidad de potencia de 10 W/m². Se prevé que esta tecnología sea clave en los futuros desarrollos de este sistema”. Así se expresó Hideyuki Sakai, Presidente de Kyowakiden Industry CO., Ltd. Universidad de Nagasaki Japón 2015¹⁸⁰.

En los sistemas PRO no se produce ninguna reacción química, resultan ser confiables ante cualquier condición climática y pueden utilizar agua residual tratada, por lo que puede construirse cerca o en áreas urbanas.

¹⁷⁸ <http://www.delta.tudelft.nl/article/osmotic-power-plans-scrutinised/24631>

¹⁷⁹ <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2010/10/osmosis-re-emerges-as-a-promising-power-source>

¹⁸⁰ <http://www.osmosisenergy.uk/Research-Development/>. Consultado enero 2018.

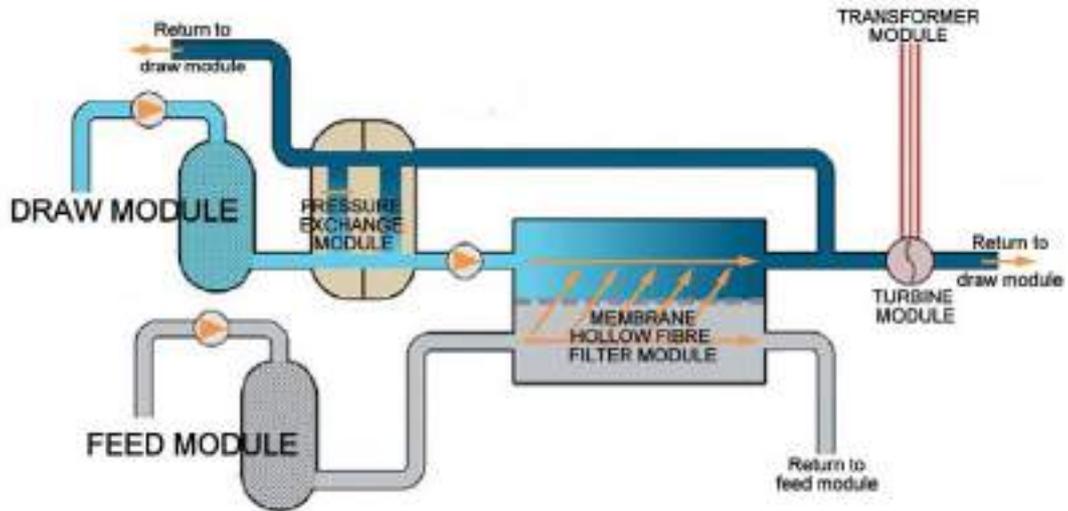


Ilustración 182 – Esquema de planta

PROYECTO UNIVERSIDAD DEL OCÉANO. CHINA

La Universidad del Océano de China¹⁸¹ (OUC) está desarrollando un sistema que utiliza tecnología de ósmosis retardada por presión; en el año 2016 completó el diseño y las pruebas. El sistema desarrolla una potencia de 100 W con una eficiencia superior al 3%.



Ilustración 183 – Planta



¹⁸¹ OES – Annual Report 2017 Pág. 58

4 INTERCONEXIONES

4.1 INTERCONEXION A REDES

La gran mayoría de los equipos presentados en este catálogo transforman la energía del mar en energía eléctrica; excepto algunos vinculados a la transmisión de señales e instrumentación. Casi la totalidad de los equipos tiene por objetivo inyectar su producción a una red aislada o interconectada.

En la mayoría de los equipos se presentan importantes limitaciones técnicas y económicas cuando se los pretende conectar a redes eléctricas extensas.

El costo de capital de una transmisión podría representarse en la forma siguiente:

$$CAPEX \text{ Transmisión} = \text{Costo estaciones} + \text{longitud} * \text{Costo unitario línea o cable}$$

Donde para cada tecnología se pueden asumir a modo de ejemplo los siguientes valores relativos para Corriente Alterna (AC) y Corriente Continua (DC):

Tecnología	Tipo	Costo estaciones	Costo Unitario transmisión (por km)	Observaciones
HVAC	LAT- Línea Aérea CA	100	0.40	No aplicable en offshore
HVAC	CAS Cable Subterráneo CA	120	4.0	Long. < 30 km
HVAC	Cable Submarino CA	150	10.0	Long < 30 km
HVDC	LAT- Línea Aérea CC	200	0.30	No aplicable en offshore
HVDC	CAS Cable Subterráneo CC	250	3.0	----
HVDC	Cable Submarino CC	300	6.0	----

Valores relativos asumiendo determinadas hipótesis

En general independientemente de la tecnología de conversión, al ser el costo de la transmisión proporcional a la distancia a la costa existirá una distancia crítica en la cual el costo de la transmisión más el dispositivo primario de conversión igualará el costo marginal de largo plazo de la red a interconectar, es decir para distancias superiores a la distancia crítica no podrá competir con otras alternativas de producción de energías renovables.

En los párrafos que continúan se profundizan algunos conceptos sobre la producción y transmisión de la energía.

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 la central eléctrica

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.¹⁸²

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 rotativo, el generador convertirá la energía mecánica en electricidad.

Entre los generadores eléctricos posibles de usar se encuentran:¹⁸³

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 reactivo.
Rotativos Corriente Continua		
Generador CC	Con fuente auxiliar, colectores e inyección de corriente de excitación del rotor (iex).	Requiere conversor CC/CA.

¹⁸² Peter Croll y otros, Guidelines for project developments the marine energy industry, EMEC, 2009.

¹⁸³ Jahangir Khan y otros. Evaluation of electrical technology solutions in marine energy, NRC, 2009.

Lineales		
Generador Lineal	Sin fuente auxiliar.	Requiere convertor CC/CA.

Será necesario determinar también la potencia generada por el equipo. Por ejemplo: sus curvas de producción diaria, estacionales, indicadores de aleatoriedad de la producción, ciclos de operación, factor de disponibilidad, tiempo anual en mantenimiento.

La curva de Oferta de Potencia del equipo en un período muestra la potencia que genera 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.

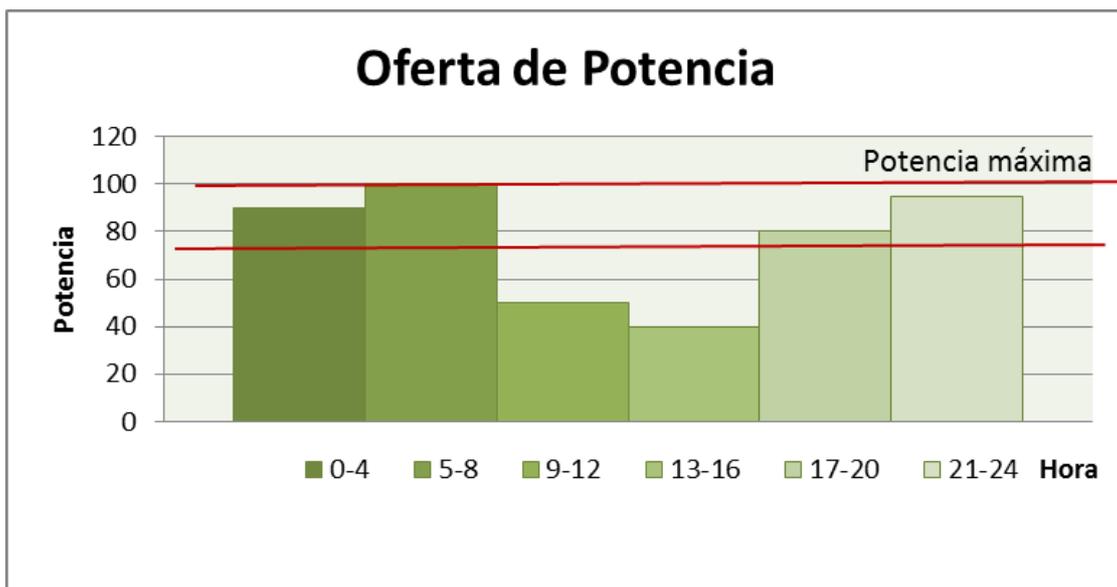


Ilustración 184 – Oferta de potencia

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

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

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 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.

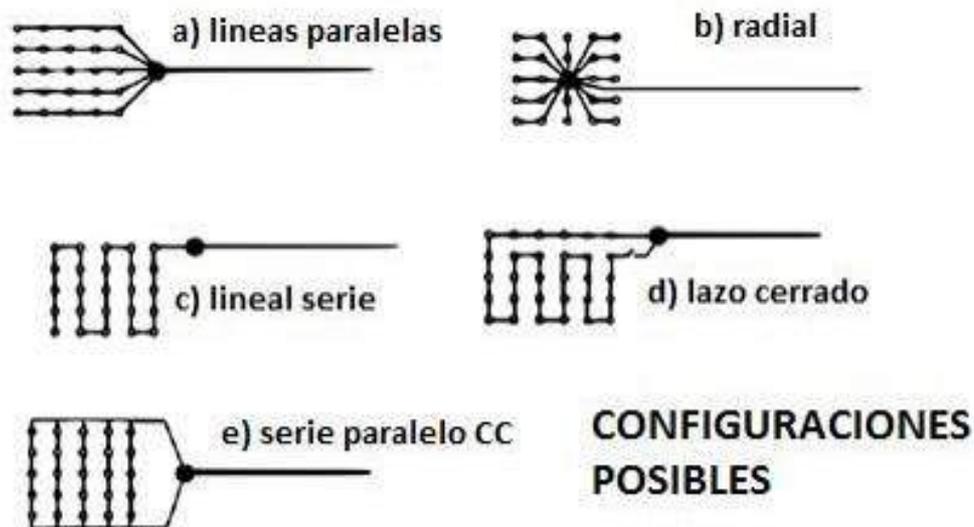


Ilustración 185 – Configuraciones

El diseño definitivo dependerá de las condiciones climáticas del mar, la profundidad, el tipo de lecho marino, las 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:

$$CT_{Inst \text{ de central}} = \sum_{i=1}^N [C. \text{Cables} + C. \text{Convertora Colectora} + C. \text{Montaje} + C. \text{Adm\&Dirección}]$$

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.

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

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

La 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}

La transmisión de la energía oceánica se realiza mediante cables submarinos. Los cables presentan dificultades de modelado y tienen por sus parámetros eléctricos característicos, una prestación más restringida en corriente alterna.¹⁸⁴

¹⁸⁴ 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.

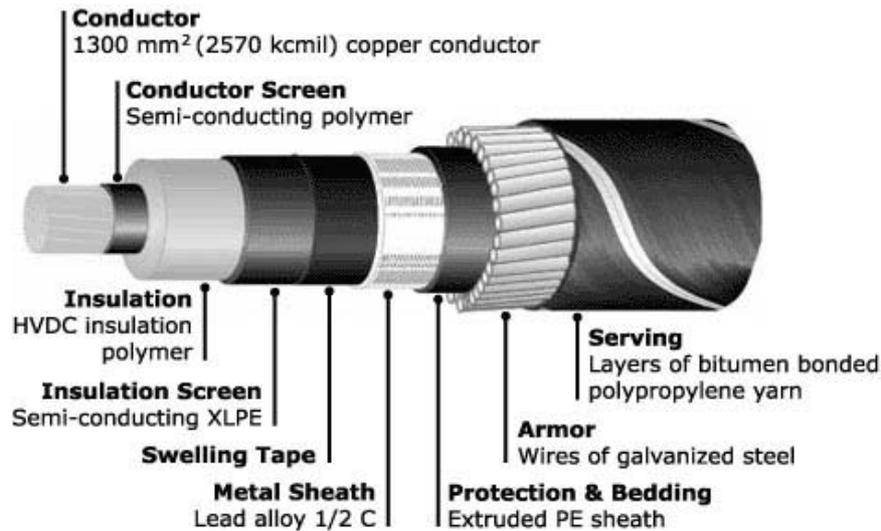


Ilustración 186 – Cable submarino

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

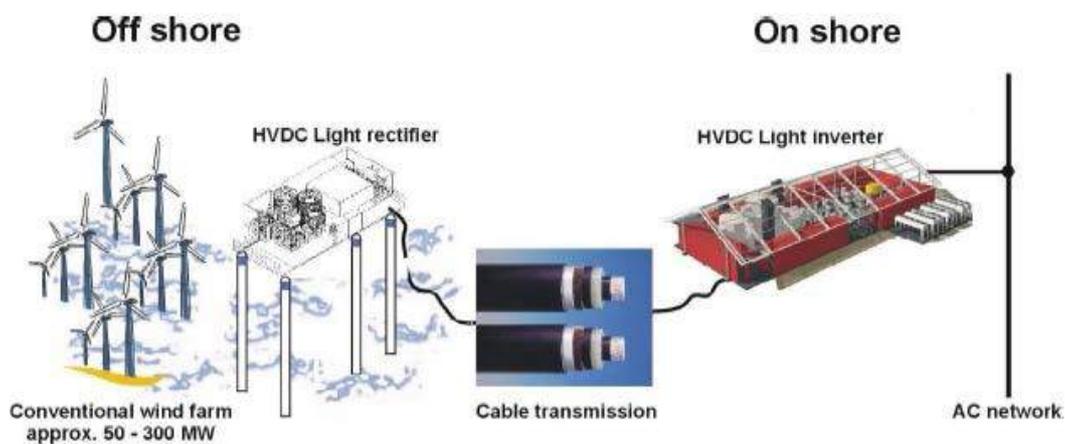


Ilustración 187 – Despliegue conexión

La interconexión submarina presenta tres alternativas básicas, todas ellas con restricciones de longitud: corriente alterna convencional, corriente alterna con baja frecuencia y corriente continua.¹⁸⁵

¹⁸⁵ Nan Quin and others, Offshore Wind Farm Connections IEEE

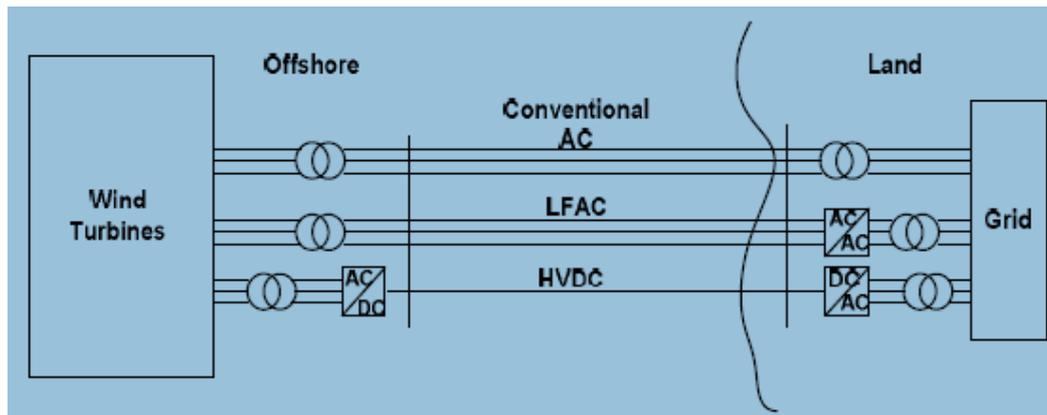


Ilustración 188 – Despliegue de sistema de transmisión de granjas eólicas off-shore

Esencialmente, 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 aparecer la distancia crítica, cuando la longitud de transmisión es menor resulta más conveniente el uso de corriente alterna de alto voltaje (HVAC) y a valores superiores se impone la corriente continua de alto voltaje (HVDC).

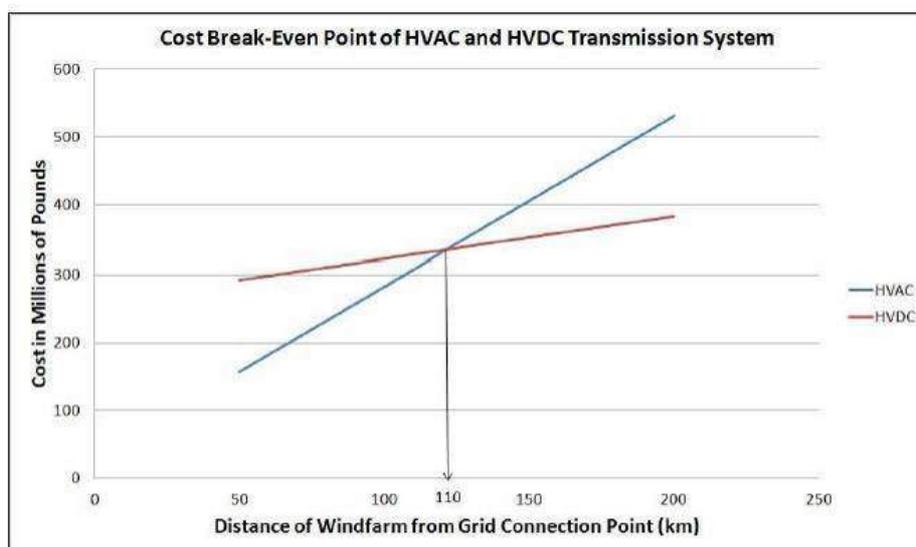


Ilustración 189 – Comparación HVAC vs. HVDC

Esta distancia crítica se origina en el hecho de que el costo fijo de las estaciones transformadoras de corriente alterna es inferior a los costos fijos de las estaciones de conversión de CA/CC utilizadas en HVDC.

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.

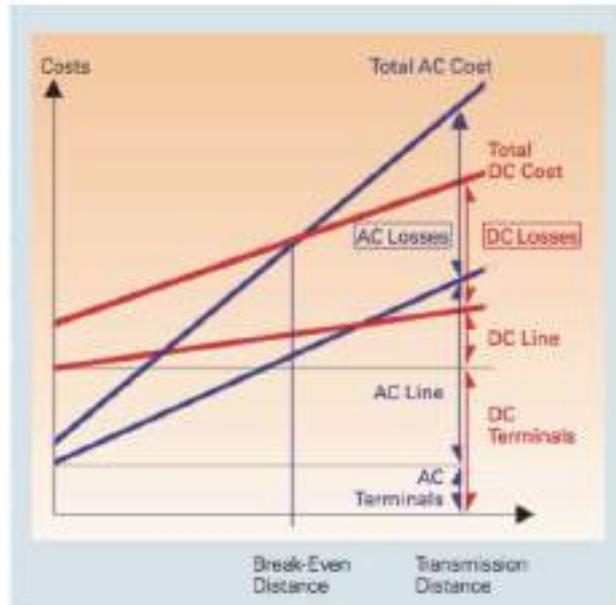


Ilustración 190 – Comparación HVAC vs. HVDC

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.

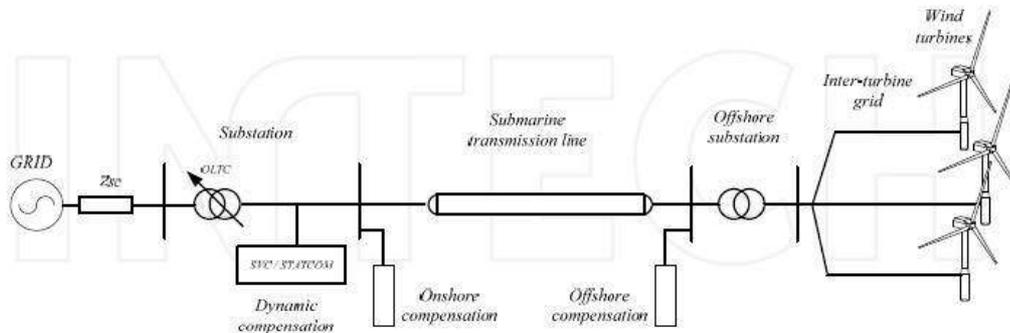


Ilustración 191 – Despliegue de sistema de transmisión HVAC

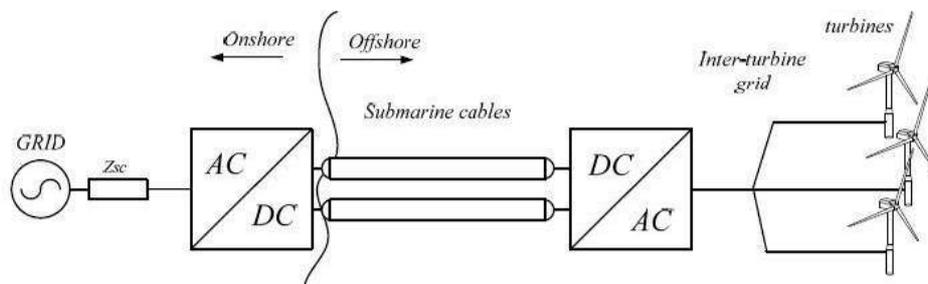


Ilustración 192 – Despliegue genérico de sistema de transmisión HVDC

4.2 NORMAS Y PROCEDIMIENTOS¹⁸⁶

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.



¹⁸⁶ 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, Grids codes comparation, Chalmers, 2009.

5 PROYECTOS HISTÓRICOS

5.1 INTRODUCCIÓN

EFFECTO DE LAS MAREAS

EFFECTO DE LAS MAREAS

La influencia del sol y de la luna sobre nuestro planeta produce un fenómeno de atracción y repulsión de los océanos y mares que conocemos con el nombre de mareas.

Los fenómenos de 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.

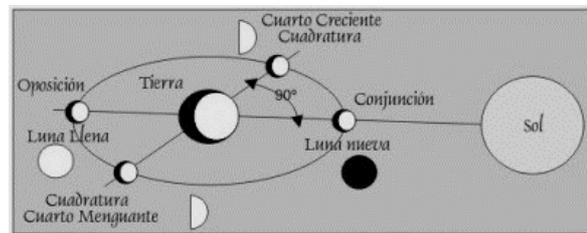


Ilustración 193 – Ciclo de la Luna

La marea es el resultado de las fuerzas gravitacionales e inerciales que actúan sobre los océanos.

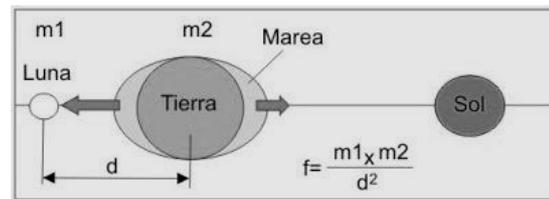


Ilustración 194 - Fuerzas

Además del campo de fuerza gravitacional de la tierra que mantiene a los océanos adherido a ella, los océanos sienten el efecto gravitacional de los cuerpos celestes, particularmente de la luna por su cercanía y del sol por su gran masa.

Se suman a éstos las fuerzas inerciales 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 las masas oceánicas están sujetas a fuerzas que nunca están en equilibrio. La fuerza generadora (o generatriz) de la marea es la que genera la marea.

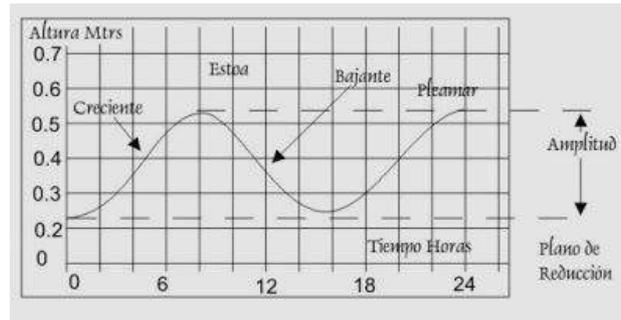


Ilustración 195 – Marea típica

No siempre encontramos sobre nuestro planeta las mareas típicas, dos pleamares y dos bajamares. Por efecto de las interferencias y la latitud puede darse otro tipo de mareas.

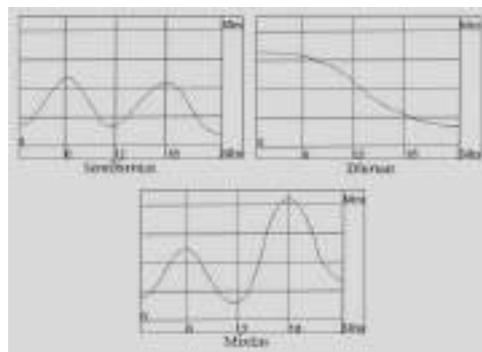


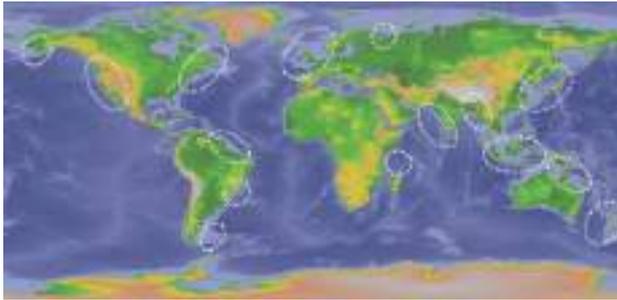
Ilustración 196 – Tipos de marea

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

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 de la 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 12 m 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.



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

Ilustración 197 – Sitios en el mundo con importantes rangos de marea



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, es de 5 a 7 km de ancho, actúa como un magnífico dique natural que embalsa a un lado y a otro el agua de las pleamares y de las bajamares que se alternan en ambos golfos.

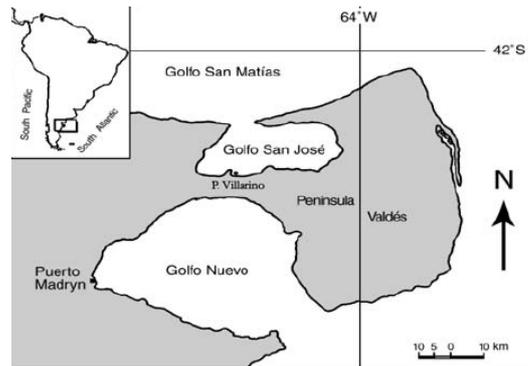


Ilustración 198 - Península Valdés

La onda de marea se desplaza de Sur a Norte, con una amplitud de 5,9 m y tiene como característica un intervalo pleamar-bajamar de 5 hora entre ambos golfos.

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 angosto istmo Ameghino.

5.2 ESTUDIOS REALIZADOS EN PENÍNSULA DE VALDEZ¹⁸⁷

Años 1915-1919

Trabajos realizados por el Capitán de Fragata de nuestra Armada José A. Oca Balda. En 1919, Comandante del buque *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 6 km de longitud y formar un embalse de 780 km² de superficie de mar libre que podría accionar turbinas hidráulicas instaladas en el dique.

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

¹⁸⁷ <http://www.centronaval.org.ar/boletin/BCN813/813chingotto.pdf>

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

Años 1923-1925

El Presidente Alvear designó una comisión presidida por el Ing. 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 6 km para formar en ese golfo una cuenca de doble efecto de 600 km² 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 además de las tormentas imperantes en la zona.

El Ing. 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.

Año 1948

Estudio del Ing. 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 Ing. 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 y la química. Esto se debe a que se dispondría de energía abundante y barata.

Asimismo, el Ing. 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 la defensa nacional.

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

Año 1948

Estudio de un Grupo Francés de Ingeniería.

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

Año 1950

Informe del Ing. José Richterich.

Fue designado por Agua y Energía. El Ing. Richterich propone la apertura de un canal de 250 m 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.

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 m de longitud y 292 m 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 MW cada grupo, o 60 grupos de 10 MW u 80 grupos de 7 MW. Entre las tres alternativas se totalizarían cerca de 600 MW de potencia y desarrollarían una energía de 1.600 a 2.500 GWh/año.

Año 1959

Propuesta del Ing. Loschakoff.

Propone el cierre de los golfos San José y Nuevo mediante compuertas; de 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 permitiría 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 como el cierre de ambos golfos que alteraría el desfase de las mareas; por ejemplo, provocaría un gran impacto ecológico en la Isla de los Pájaros en el golfo San José que 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.

Año 1960

Propuesta del Ing. 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.

Año 1972

Estudio del Ing. Fenteloff.

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

Año 1975

Ley Nº 20.956.

Fue aprobada por ambas Cámaras legislativas, fue publicada el 25/6/75 en el *Boletín Oficial*. Adjudica el estudio de las mareas en los golfos San José y Nuevo a la empresa estatal 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.

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 junto con una estación de bombeo en una posición elevada sobre el nivel del mar. Dado el nivel básico de esta presentación, la recomendación fue de replantearla y presentar un estudio completo de pre factibilidad técnico-económica.

Año 1975

Trabajo del Ing. 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). Finalmente se 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.

Año 1978

Estudio del Ing. 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.

Año 1984

Estudio de los Ings. Aiskis y Zynglermaris.

Fue presentado en el primer Congreso Argentino de Ingeniería Oceánica en octubre de 1984. Se decide por el cierre del golfo San José. Hace una referencia al costo de la obra (incluidos los intereses del 12 % anual), se estimó que su costo sería entre USD 8.000 y USD 8.200 millones, según el tipo de turbinas adoptado.

5.3 NEGATIVAS A LOS PROYECTOS EN PENÍNSULA DE VALDEZ

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.

Año 1928

Estudios del Ing. Camilo Rodríguez.

Aconseja desistir de la obra debido a la existencia de recursos 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.

Año 1974

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

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

Año 1975-1976

Informe del Ing. 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 ese momento 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: USD 300 millones, sin computar los gastos financieros.

Año 1981

Trabajo de los Ings. Petroni y 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.

Año 1986

Trabajo del Ing. 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, 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.

5.4 RESUMEN CRONOLÓGICO DE ESTUDIOS

Primera etapa – Años 1915-1928

Años 1915-1919 – Estudios del Capitán de Fragata José A. Oca Balda.

Año 1922 – Las inquietudes de los Ings. Damianovich y Besio Moreno.

Años 1923-1925 – Comisión Nacional Honoraria (Decreto Poder Ejecutivo Nacional, 7 de diciembre de 1923).

Año 1928 – Informe de la Comisión Nacional Honoraria.

Segunda Etapa – Años 1948-1959

Año 1948 – Estudios realizados por el Ing. J.C. Erramuspe.

Años 1949-1950 – Estudios de Agua y Energía Eléctrica. Informe del Ing. José Richterich.

Años 1957-1959:

Estudios Sogreah

Solución Loschakoff

Solución del Ing. M. Rodríguez

Tercera Etapa – Años 1975-1978

Año 1975 – Texto Ley N°20956.

Año 1975 – Esquema de Agua y Energía Eléctrica.

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

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

Año 1978 – Trabajo del Ing. Antonio P. Federico



6 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.

6.1 PROYECTOS CONOCIDOS

- SISTEMAS DE CONVERSORES FLUIDO-DINÁMICOS DE ENERGÍA RENOVABLE PARA LA PATAGONIA, ARGENTINA

Institución: UACO, UNPA Participantes: Carlos Labriola y otros.

- APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA UNDIMOTRIZ Institución: UTN, FRBA

Participantes: Alejandro Haim, Mario Pelissero, Roberto Tula, Mariano Montoneri, Sebastián Bagnasco, Federico Muiño, Francisco Galia, Jorge Pozzo, Federico Gallo, Martin Jauregui, Gustavo De Vita, Emiliano Cirelli, Macarena Balbiani, Nahuel Maldonado, Nicolás Ceciaga, Natalia Nicosia, Rubén Bufanio, Griselda Carreras.

- ESTUDIO DEL RECURSO ENERGÉTICO MARINO EN LA PATAGONIA AUSTRAL

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

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

- 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.

- MODULO CONVERTIDOR DE ENERGÍA DE LAS OLAS

Institución: Desarrollo Privado. Autor: Alberto Vilar.

- DISPOSITIVO CAPTADOR DE ENERGÍAS DE LAS OLAS

Institución: Desarrollo Privado (Pilar – Provincia de Buenos Aires). Autores: Javier Themtham, Luis Kayayán y Alfredo Soto.

- 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: Dr. Daniel Fruman, Ings. Camilo Rodriguez, Guillermo Céspedes, Carlos Tedesco.

- SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍAS EN BASE A LAS MAREAS OCEÁNICAS

Institución: Desarrollo Privado (Puerto Deseado). Autor: Patricio Bilancioni.

- DESARROLLO DE TURBINA HIDROCINÉTICA PARA APROVECHAMIENTO DE LAS CORRIENTES DE MAREAS.

Institución: Área Ingeniería del INVAP. Autor: Ing. Alfredo Carlos De Nápoli.

6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS RELEVADOS

SISTEMAS DE CONVERSORES FLUIDO-DINÁMICOS DE ENERGÍA RENOVABLE PARA LA PATAGONIA. UACO- UNPA. ARGENTINA

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 haber desarrollado prototipos de conversores de energía de las corrientes marinas y de las olas para su estudio y posterior dimensionamiento. 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, brindará la información del tamaño de prototipo. En este caso, la potencia de los equipos será del orden 1 a 5 kW. Estos a su vez actuarán como antecedentes de prototipos más grandes (50 a 250 kW). El proyecto se desarrollará en tres líneas de investigación:

- 1) Estudio de los recursos de corrientes marinas y undimotriz a micro escala en posibles lugares de aprovechamiento oceánico en base a datos existentes.
- 2) Ensayo de modelos con posterior desarrollo de prototipos para la obtención de parámetros significativos para el escalado a potencias superiores.
- 3) 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. BA

Participantes: Alejandro Haim, Mario Pelissero, Roberto Tula, Mariano Montoneri, Sebastián Bagnasco, Federico Muiño, Francisco Galia, Jorge Pozzo, Federico Gallo, Martin Jauregui, Gustavo De Vita, Emiliano Cirelli, Macarena Balbiani, Nahuel Maldonado, Nicolás Ceciaga, Natalia Nicosia, Rubén Bufanio, Griselda Carreras.

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 está siendo ensayado en el canal de olas del Instituto Nacional del Agua en Buenos Aires. Desde hace unos años se trabaja en el diseño del equipo a escala 1:1 para su futura instalación en la costa atlántica bonaerense. 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 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.



Ilustración 199 – Render: equipo de aprovechamiento de Energía Undimotriz

ESTUDIO del RECURSO ENERGÉTICO MARINO en la PATAGONIA AUSTRAL

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

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

En este proyecto se propone el estudio del potencial energético marino que existe en la provincia de Santa Cruz, los recursos se basan principalmente en la energía mareomotriz referida al desnivel de mareas y las originadas por las corrientes de las mareas. Seguidamente 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 de su realización.

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 los grupos de I+D de la UTN Facultad Regional Río Gallegos (UTN FRSC). Los estudios de la corrosión y la durabilidad de los materiales serán llevados a cabo en conjunto por personal de Y-TEC y la UTN-FRSC. El estudio del impacto ambiental será realizado por la Fundación UTN junto con otros expertos.

En síntesis, el proyecto busca, entre sus objetivos, la adquisición de datos fundamentales para asegurar la factibilidad económica del aprovechamiento de las energías del mar, además del desarrollo de I+D, la vinculación académica de los investigadores en esa zona tan remota de nuestro país. Esto contribuirá 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.

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. Pcia. Chubut.

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 personal técnico para las tareas de ingeniería, el monitoreo y la manutención de todos los equipamientos involucrados.

Estudiar los impactos ambientales sobre la flora, 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 energía eléctrica 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.



Ilustración 200 – Equipo de trabajo en campaña de medición

RECURSO MAREOMOTRIZ. APROVECHAMIENTO DEL ESTUARIO DE BAHÍA BLANCA

Participantes: Osvaldo Ruffo (ruffosur@yahoo.com.ar), Raúl Dante Triventi (rtrivent@frbb.utn.edu.ar), Patricia María Benedetti (pbenedet@criba.edu.ar)

Instituciones: UTN FRBB

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, este estudio permitirá obtener las bases de datos para el diseño de un dispositivo adaptado específicamente a este recurso.

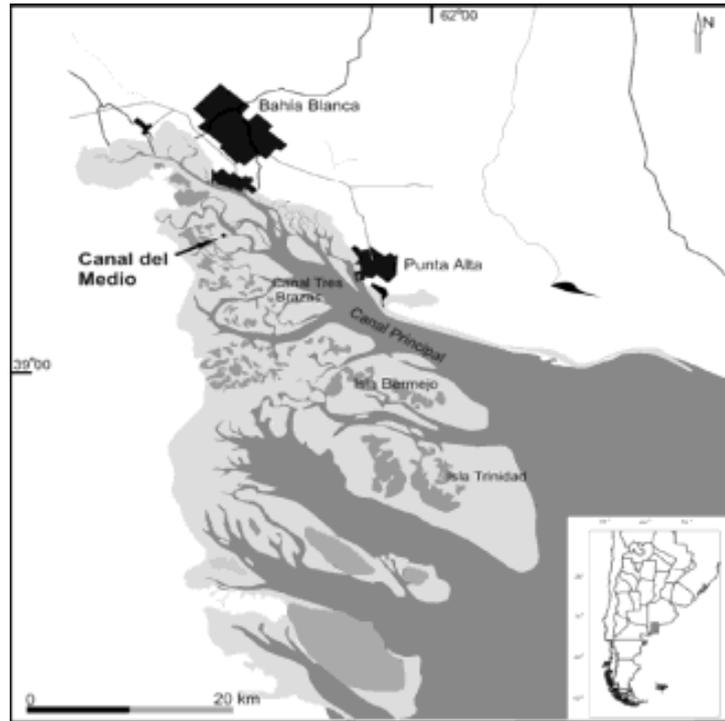


Ilustración 201 – Estuario de Bahía Blanca, Argentina.

MÓDULO CONVERTIDOR DE ENERGÍA DE OLAS

Técnico Mecánico: Alberto Vilar.

El presente trabajo está centrado en la captación de la 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 mecanismo lo suficientemente flexible para manejar la totalidad de las características del recurso. La intención es instalar en la zona de captación una serie de módulos convertidores.

El modelo convertidor 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.

Este diseño de convertidor trata de simplificar la transformación de energía y a la vez permitir el fácil acceso al equipo para su el mantenimiento en el sitio donde esté instalado. También el diseño permite ajustar o corregir los parámetros debido a la variabilidad que presenta las condiciones marinas. Como condición importante, se subraya que una parte del proceso se realiza en una plataforma por encima del nivel del mar o sobre la costa.

DISPOSITIVO CAPTADOR DE ENERGÍAS DE LAS OLAS¹⁸⁸

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

Autores: Javier Themtham, Luis Kayayán y Alfredo Soto.



Ilustración 202 - Autores

El sistema consiste en aprovechar el movimiento ondulatorio del mar que actúa sobre una boya 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 de iluminación 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 Rodríguez, 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.

188

http://nuestromar.com/noticias/energia_y_minerales_022009_22208_presentan_proyecto_a_la_provincia_para_generar_e

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 oleo hidráulicos) 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.

TURBINA HIDROCINÉTICA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LAS CORRIENTES DE MAREAS¹⁸⁹. INVAP. RÍO NEGRO.

Institución: Área Ingeniería del INVAP. Autor: Ing. Alfredo Carlos De Nápoli.

¹⁸⁹ <http://www.invap.com.ar/es/2014-05-12-14-44-54/proyectos/turbina-hidrocinetica.html>

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 los 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.

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 de tamaño pequeño (del orden de 1 kW), para luego ensayarlo en un flujo de agua libre (en río, sin venturi canalizador de flujo); el objetivo es 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 el software fluidodinámico computacional (CFD por sus siglas en inglés) a fin de obtener un diseño eficiente del conjunto venturi-rotor desde el punto de vista constructivo y de operación.



Ilustración 203 - Prototipo

Luego, se diseñará y fabricará el primer prototipo de unos 4,5 kW de potencia con rotores gemelos, este equipo resultará apropiado para cursos de agua con poca profundidad. De esta forma se obtiene una potencia final entre 9 y 10 kW por unidad, este ejemplo representa uno de los dos modelos comerciales de menor potencia dentro de esta gama de turbinas.

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, la intención es llegar en un futuro cercano a equipos que superen 1 MW para ser utilizados en aplicaciones mareomotrices.

OTROS PROYECTOS Y ARTÍCULOS PERIODÍSTICOS PUBLICADOS

Además de los proyectos vigentes relevados y descritos 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 – JORGE ELÍAS

Autor: Ing. Jorge Elías – 2009. Objetivos generales:

Proporcionar energía eléctrica de origen renovable. Contar con energía no contaminante, silenciosa, de bajo costo de materia prima. Emplear y ahorrar en la adquisición de combustibles fósiles, lo que a largo plazo permitiría que la obra se amortice sola.

Realizar interconexiones al sistema nacional disminuiría la dependencia de la amplitud de mareas, que esté disponible en cualquier clima y época del año.



Ilustración 204 - Mapa de Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina

PUERTO DESEADO

Proyecto: Construcción de una usina mareomotriz en Puerto Deseado.

Lugar: Puerto Deseado. Pcia. Santa Cruz, desembocadura de la Ría Deseado. El río nace en el Lago Buenos Aires y luego de 615 km a través de la Patagonia desemboca en el Océano Atlántico.



Esta desembocadura da 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 avanza aproximadamente 40 km desde la boca del río. Esta marea ha producido un efecto de erosión sobre la meseta patagónica.

RÍO GRANDE¹⁹⁰

Proyecto: Construcción de una usina mareomotriz en Río Grande.

Fundamentación: gracias a la existencia de su estuario, el Río Grande presenta las condiciones adecuadas para la instalación de una usina mareomotriz. La amplitud de las mareas es de mayor de 5 m, la velocidad mínima de la marea es de 4 m/s. Las mareas brindarían un flujo continuo para aprovechar a pleno este tipo de generación. La propuesta es reemplazar la usina termoeléctrica de la ciudad, alimentada por gas natural. Los gases generados por las turbinas termoeléctricas producen el efecto invernadero y deterioran el ambiente.

Lugar: Las turbinas deberían instalarse la desembocadura del río en el mar, allí el flujo y refluo sea más marcado, en la margen sur existe una infraestructura básica para su construcción y no afectaría ecológicamente a la zona.



Ilustración 206 - Río Grande, Tierra del Fuego, Argentina

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

¹⁹⁰ <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>

RÍO GALLEGOS¹⁹¹

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 mareomotriz.

Lugar: El río Gallegos está situado en la provincia de Santa Cruz, en su 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, Cóndor y Zurdo.

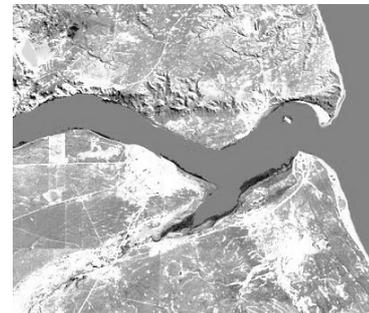


Ilustración 207 - Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina

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 al mar; durante la estación seca, el río reduce drásticamente su caudal.

ENTREVISTA al Ing. CARLOS TEDESCO¹⁹²

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".

¹⁹¹ <http://www.antoniocafiero.com.ar/html/Proyectosdecomunicacion/proyectosdecomunicacion1994/31-08-94.htm> - Energías Renovables - Energía de los Océanos por el Arq. Carlos Luna Pont

¹⁹² UNICA, ingeniero Gustavo A. VATER, Corresponsal Seccional Buenos Aires, Buenos Aires, 28 de febrero 2005

¿Es posible competir con la energía eólica? El Ing. Tedesco asegura que sí: un sistema interconectado por su carácter aleatorio no puede tener más de un 10% de energía eólica de su potencia total despachada, tiene que tener una reserva "caliente"; en el caso de 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 energía podría tener innumerables utilidades, tanto como pueda desplegarse la imaginación de las personas que lo apliquen.

PROYECTO DE ENARSA

El Área de Energías Renovables de ENARSA¹⁹³ ha comenzado los estudios preliminares para el desarrollo de proyectos de energía mareomotriz en 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 la compañía líder en Rusia en la producción de energía a partir de fuentes renovables. Se prevé un potencial de generación eléctrica de aproximadamente 1.000 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 RENOVABLE¹⁹⁴

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.

¹⁹³ Marine Renewable Energy, viernes 27 de enero de 2012, 17:07

¹⁹⁴ Rodrigo Herrera Vegas para La Nación.

¿POR QUÉ ARGENTINA TIENE QUE ALCANZAR EL 8% EN RENOVABLES?¹⁹⁵

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 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.

PROYECTO PARA GENERAR ENERGÍA MAREOMOTRIZ. CHUBUT¹⁹⁶

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 boya 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.

ENERGÍA MAREOMOTRIZ. SANTA CRUZ¹⁹⁷

Santa Cruz tiene como objetivo generar energía. Para eso, la provincia aspira generar unos 2.300 MW 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.

¹⁹⁵ R. Herrera Vegas, op. cit., 11 de abril de 2014.

¹⁹⁶ 23/02/09 - EL CHUBUT

¹⁹⁷ 17/03/2010, 19:55. TIEMPO SUR

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.

TURBINA ARGENTINA PARA LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ. UNLP¹⁹⁸

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 Ing. 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 reflujos de la marea comenzó como una discusión de cátedra. Fue en el año 1994, cuando el Ing. Camilo Rodríguez (profesor Emérito 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. TIERRA DEL FUEGO

Las autoridades gubernamentales de la provincia están pensando en la captación del recurso mareomotriz; todo surge del relevamiento ambiental donde la amplitud de las mareas como el caudal y velocidad del río Grande ofrecen una excelente oportunidad para su aprovechamiento.

Amplitud de mareas: de acuerdo a las tablas de mareas del puerto de Río Grande obtenidas en la Prefectura Naval Argentina; por ejemplo para el día 23/05/2006 el valor medio fue de 5,90 m.

Velocidad: según datos del Servicio de Hidrografía Naval, la velocidad del río Grande es de 4 m/s, o sea 15 km/hora.

Caudal: de acuerdo con las mediciones efectuadas por la Dirección de Hidrografía en el río Grande a la altura de la estancia Maria Behety desde el año 1994 hasta fines del 2005, el caudal del río varió de 8,26 a 100,18 m³/s, el promedio ponderado resultó de 17.46 m³/s.

¹⁹⁸ 02-06-2009; www.panoramaenergético.com

PROYECTO PARA APROVECHAR LA ENERGÍA DEL MAR. SANTA CRUZ¹⁹⁹

El investigador santacruceño Patricio Bilancioni presentó en el año 2013 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.

El funcionamiento del equipo 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.



¹⁹⁹ 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, este proceso está en continua evolución pues periódicamente van apareciendo proyectos sobre la base de nuevos desarrollos conceptuales. Pensemos solamente en el ejemplo del aprovechamiento del gradiente salino entre el agua de mar y el agua dulce de los ríos para generar electricidad.

Sin perjuicio de que haya aplicaciones de principios físicos no convencionales, una de las formas más antiguas que se conocen para aprovechar la energía renovable son los molinos impulsados por la energía de las mareas o ríos, hecho previo a que Newton en el siglo XVII sentara las bases de los estudios experimentales de los fenómenos físicos vinculados de la energía potencial y cinética que intervenían en el trabajo realizado por el movimiento de la rueda del molino, en la mayoría de los casos, las aplicaciones prácticas son anteriores al desarrollo de la teoría.

Sin embargo no debe desdeñarse el estudio de la teoría de los fenómenos físicos pues puede dar origen a nuevas aplicaciones prácticas como por ejemplo el aprovechamiento de la energía basada en el gradiente salino entre dos soluciones de distinta concentración. Esas diferencias generan una presión osmótica, es la que ejercen las partículas de un disolvente en una disolución sobre una membrana semipermeable que la separa de otra de mayor concentración. La percepción de que este fenómeno y su aplicación en la producción de energía eléctrica fue posterior a que J.H van't Hoff estudiara el ámbito teórico de la presión osmótica. a finales del siglo XIX.

Aunque 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 energía para mejorar el bienestar general y además es uno de los puntales para tener una economía equilibrada. En este sentido se debe tener presente que las energías marinas son un recurso que, mediante la investigación y el desarrollo fecundos, puede convertirse en una fuente de energía inagotable y de bajo costo, además conceptualmente e intrínsecamente saludable por la baja contaminación que trae aparejada.

La recomendación implícita en el quehacer del GEMA es que sus miembros y colaboradores refuercen el vínculo mediante una continua comunicación 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 promover al bienestar general, tiene un fin pragmático inmediato que es el 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 estos recursos pueda realizarse en forma independiente con medios propios.



ANEXO I

I. ACTA CONSTITUTIVA DEL GEMA - 2014

GEMA

GRUPO DE INTERES EN ENERGÍAS 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 ejercen 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 vinculo de pertenencia y no como ejercicio de representación)

Y-TEC
 EUGENIO ESCOBAR
 UTM - PRBA
 Gino P. J. / Carlos Pozzo
 ALTE (RE) EDUARDO CASTRO PAVAN
 SEDE INVESTIGACION
 ESTUDIOS ESTRATÉGICOS
 ENARSA
 Alejandro Lippi
 Academia del Mar
 ZAGRODNY
 Y-TEC
 HAN Alejandro
 UTM - PRBA
 Juan Carlos Navarri
 IUE/IST - UTM PRBA
 ESCM
 CF. Fernando H. Picco
 (RESNT)
 CRISTOPHER M. B.
 (UTN - FRSC)
 G. SERRANO
 UTM - FRSC
 SCLT



ANEXO II

II. OPINIONES-COMENTARIOS RECIBIDOS

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 inexploradas, 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 para insertarnos en esa corriente.

A la indiferencia oponemos interés, al desaliento le presentamos 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 2018, nos hagan llegar sus comentarios, sugerencias y observaciones a la siguiente dirección de email:

margema2014@gmail.com

ANEXO III

III. INVITACIÓN A INTEGRAR EL GRUPO DE INTERÉS EN ENERGÍAS DEL MAR ARGENTINO

El **GRUPO DE INTERÉS EN ENERGÍAS 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 o info@academiadelmar.org.ar

Referencia: GEMA

Nombre y apellido:

Profesión/título/grado académico:

Empresa/institución/organización: Cargo:

E-mail laboral:

Mail profesional/personal:

Teléfono oficina

Teléfono casa:

Teléfono celular:

Motivo de su interés/experiencias sobre el tema:



ANEXO IV

IV. PAUTAS PARA UNA POLÍTICA OCEÁNICA NACIONAL PARA LA REPÚBLICA ARGENTINA



PAUTAS PARA UNA POLÍTICA OCEÁNICA NACIONAL PARA LA REPÚBLICA ARGENTINA

Academia del Mar



“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 Art. 2° del Estatuto, son las 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; 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 18 años de existencia, la Academia realizó más de 160 Sesiones Plenarias Ordinarias mensuales en las que se analizaron diversos temas relativos al mar a través del enfoque interdisciplinario que brindan las diversas especialidades de los académicos y en ocasiones de sus 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.

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	EREÑO, Carlos E.
ALFONSO, Carlos Luis	ESCALANTE, Raúl Sixto
ARAMBURU, Enrique Jorge	GIORSETTI, Domingo Ricardo
ARMAS-PFIRTER, Frida M.	GONZÁLEZ, Abel Julio
ARNAUD, Vicente Guillermo	GROSSO, Mónica Gabriela
ASTIZ, Osvaldo Pedro	LOUGE, Carlos A.
BARTOLETTI, Guillermo J.	LUPPI, Alejandro Ricardo
BERTOLINO, Jorge Mario	MOHORADE, Horacio
CAMPAGNA, Claudio	MOLINA PICO, Enrique E.
CARRANZA, Hugo Alberto	PERUZZOTTI, Norberto C.
CODIGNOTTO, Jorge O.	REGGINI, Horacio C.
COLPACHI, Mario A.	ROSSI, Gilberto Nicasio
COSENTINO, Enrique Jorge	SÁNCHEZ, Ramiro P.
COUTO, Norberto M.	SCHAER, Edmundo J.
de las CARRERAS, Alfredo M.	TALAVERA, Haydée Susana
del CASTILLO de LABORDE, Lilian C.	TANZI, Héctor José
DESTEFANI, Laurio H.	TRUEBA, Carlos Manuel
DOJAS, Alberto Edgardo	VALLADARES, Javier A.
DOMÍNGUEZ, Néstor Antonio	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 CO₂ 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 CO₂, 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 producción 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 km².

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.

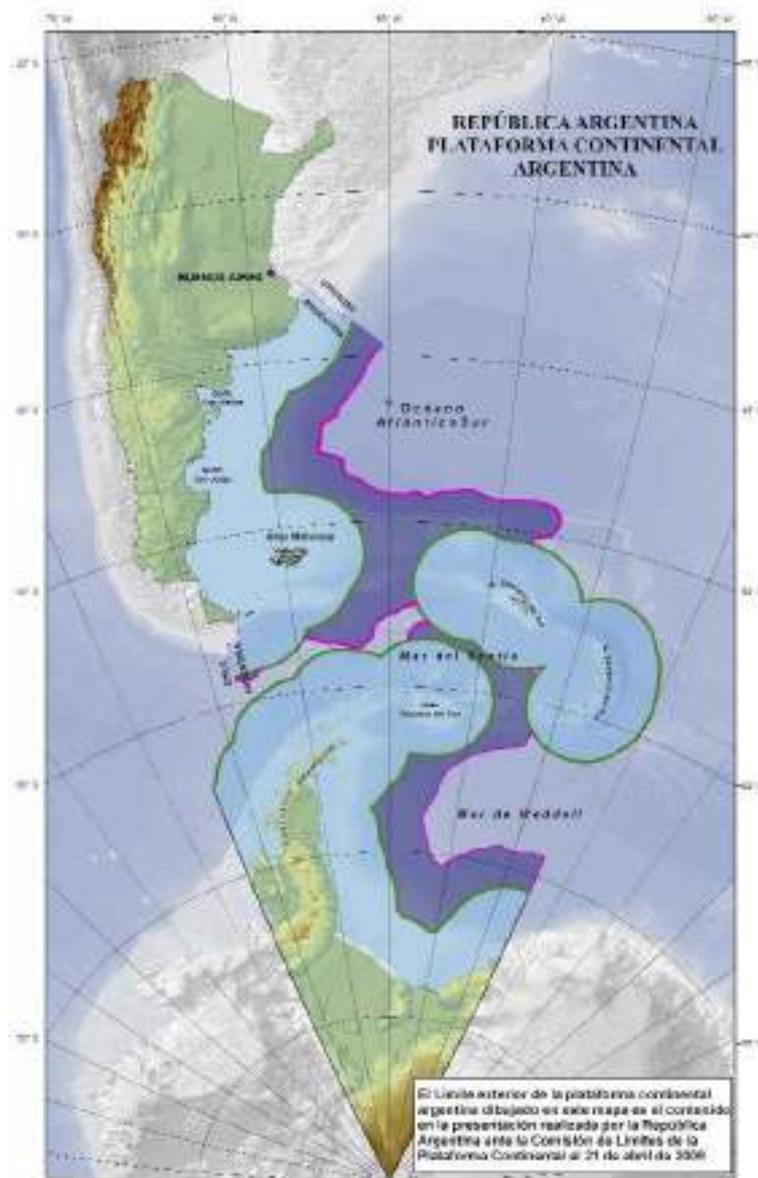


Ilustración 208 - La Argentina Marítima: zona económica exclusiva y extensión de la plataforma continental

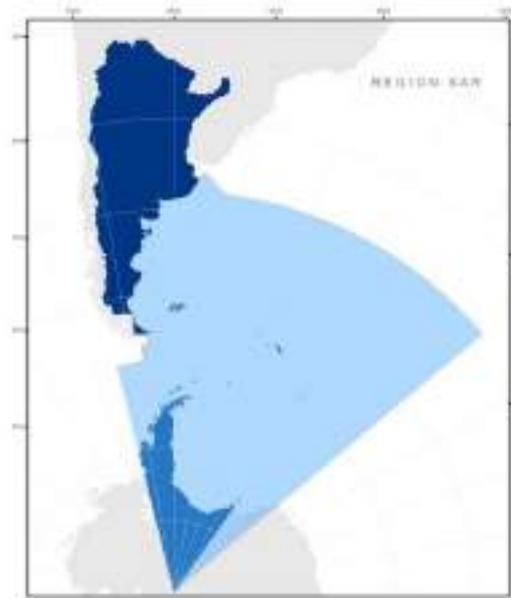


Ilustración 209 - Región de responsabilidad SAR (conocida por sus siglas en inglés que significan: Búsqueda y Rescate) de la República Argentina
 Puntos extremos: Norte: 35° 38' S / 055° 52' W
 Este: 37° 56' S / 010° 00' W hasta el Polo Sur Oeste:
 58° 21'.1 S / 074° 00' W hasta el Polo Sur Totalizando aproximadamente: 16.136.748 Km²

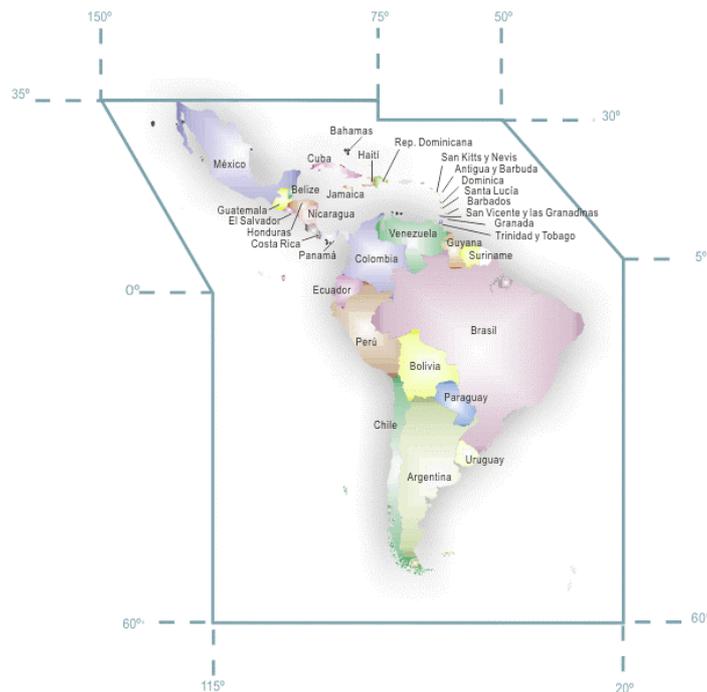


Ilustración 210 - Zona de Aplicación del Tratado para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina y el Caribe (Tratado de Tlatelolco)

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

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

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 diálogo 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 explícita voluntad política para actuar en los temas oceánicos.

1.10. **Educación y conciencia marítima.** Fomentar a través de la educación y otros medios de 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.
- a) 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 sistémica 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.

2. Estos observatorios deberán servir, además, para seguimiento de las tecnologías e información disponibles para todos los usos del mar.
3. Promover el conocimiento de las ciencias básicas y aplicadas con la incorporación de tecnologías de avanzada en todos los temas marinos.
4. Integrar la investigación del mar y sus espacios con sus aplicaciones.
5. Evaluar en forma continua las existencias y potencialidades de los recursos del mar y sus costas, favoreciendo su exploración y explotación racional.
6. Potenciar el Sistema Nacional de Datos del Mar.
7. Desarrollar una matriz energética marina.

Planificación

1. Incorporar los temas oceánicos y costeros en la planificación nacional.
2. Integrar la planificación espacial marina con la planificación territorial.
3. 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.
4. Establecer claros cronogramas de planificación para ordenar la acción.
5. Planificar en forma integrada y gestionar en forma descentralizada, con participación comunitaria.
6. Crear una visión estratégica para las energías marinas.

Gestión

1. Conferir relevancia política equivalente a los espacios marítimos y terrestres de la Nación.
2. Integrar el manejo de las zonas costeras y áreas de influencia con el de los espacios marítimos y fluviales contiguos.
3. Coordinar las políticas, estrategias y posturas nacionales para mantenerlas en todos los foros relacionado con el mar.
4. Implementar un mecanismo de evaluación económica de la actividad marina apto para cuantificar el esfuerzo nacional en el escenario marino.
5. 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.

6. 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.

7. 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).

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

Educación y cultura

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

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

3. 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.

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

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

Prevención

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

7. 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.

8. 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

9. 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.
10. Continuar garantizando la salvaguarda de la vida humana en el mar.
11. Conservar y proteger la biodiversidad marina.
12. Consolidar los límites jurisdiccionales y contribuir a la gestión de los espacios resultantes.
13. Promover la utilización pacífica del mar, incluyendo el respeto por las zonas libres de armas nucleares establecidas por los tratados internacionales.
14. 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

1. 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.
2. Completar, mantener actualizada y establecer el uso de cartografía nacional en todos los espacios marinos de interés.
3. Vincular la cartografía náutica con la planificación espacial marina.
4. 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.
5. 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 países¹. 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 22ª 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*”.ⁱⁱⁱ

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.^{iv}

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 postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente”*.^v

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”*.^{vi}

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 22ª. 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 22ª 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 cibernética y sistemas que proveen a los especialistas un metalenguaje para el estudio de situaciones complejas en sistemas*”.^{vii}

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 Nº748/99.*
- **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 e 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 donde participa nuestro país

- 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 el vertido de

Desechos y otras Materias (1972).

- Organización Internacional de Telecomunicaciones Marítimas por Satélite (INMAR-SAT) (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†
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**

ⁱ Conceptos tomados de *New frontiers in sciences diplomacy*, The Royal Society, 2010. Disponible en: <http://royalsociety.org/policy/publications/2010/new-frontiers-science-diplomacy/>.

ⁱⁱ 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.

ⁱⁱⁱ El interés nacional exige acuerdos, La Nación, CABA, 16 de octubre 2002.

^{iv} De acuerdo con la Convención sobre Derecho del Mar de las Naciones Unidas.

^v Declaración de Río de Janeiro sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Art 15.

Disponible en: <http://www.un.org/documents/ga/conf151/aconf15126-1annex1.htm>.

^{vi} Traducción libre de: Charles François: *International Encyclopedia of Systems and Cybernetics*, 2nd. Edition, München, Saur Verlag, 2004.

^{vii} Traducción libre de: Charles François: *International Encyclopedia of Systems and Cybernetics*, 2nd. Edition, München, Saur Verlag, 2004.

