

# ENERGÍA MAREOMOTRIZ.

¿SÍ? ¿DÓNDE? ¿NO? ¿POR QUÉ?  
CONCLUSIONES

MARIO R. CHINGOTTO

**Abordar el tema de la energía mareomotriz en nuestro país, hoy, puede despertar en los lectores una amplia gama de reacciones, que pueden ir desde el optimismo más elevado hasta el pesimismo que implica rechazar este tipo de obtención de potencia eléctrica.**

La actual crisis energética que atraviesa el país impone tratar el tema con objetividad y equilibrio, sin despertar falsas expectativas.

Es por ello que hemos resuelto mencionar los estudios realizados en la Argentina y las soluciones propuestas en cada uno de ellos: tanto los que apoyan esta explotación, agrupados en "sí"; como los que no consideran conveniente por ahora encarar este tipo de emprendimientos, agrupados en "no". Y en cada caso agregamos una síntesis de las respectivas propuestas.

Dado que la fuente primaria de esta energía es un recurso natural, el trabajo se inicia con menciones a esta clase de recursos, seguidos por referencias al origen de las mareas, su aprovechamiento, y singularidades geográficas favorables que presenta nuestro país en la costa patagónica, que harían atractivo el estudio de la posibilidad de montar una central mareomotriz en los lugares que se especificarán.

## Los recursos naturales

Los recursos naturales del país son elementos o fenómenos explotados por el hombre para satisfacer sus necesidades o confort.

Así, por ejemplo, son recursos naturales la ganadería, la agricultura, la minería, la riqueza forestal, etcétera.

Pero el objetivo de este trabajo es referirse a los recursos naturales que poseemos para generación de energía eléctrica.

Este tipo de recursos se agrupan en dos clases: recursos no renovables y recursos renovables.

Los recursos del primer grupo, es decir los no renovables, se consumen y no se reponen inmediatamente, y comprenden los combustibles fósiles: el petróleo y sus derivados, el carbón, el gas y el uranio.

*El Capitán de Navío (R) Mario Raúl Chingotto egresó de la Escuela Naval Militar en 1947. Entre sus destinos en actividad ocupó la Jefatura del Departamento Ingeniería: en el transporte ARA San Julián (2 años), el Destructor Misiones (2 años) y el portaaviones Independencia (1 año). Fue Agregado de las 3 FF.AA. en la República de Sudáfrica y Subdirector de Máquinas, en la Dirección de Casco, Electricidad y Máquinas Navales. En situación de retiro fue Presidente de Líneas Marítimas Argentinas (ELMA); Gerente en Astilleros Río Santiago (AFNE) y Director de Agua y Energía Eléctrica. Fue Asesor de la Cámara Argentina de Comercio y Prosecretario de la Junta Directiva de la Sociedad Científica Argentina desde 1986 hasta 2001. En la actualidad integra el Comité de Redacción de la revista Industria y Química, de la Asociación Química Argentina.*



BOLETÍN DEL CENTRO NAVAL

Número 813

Enero/abril de 2006

Recibido: 7.7.2005

El segundo grupo, o sea los recursos renovables, son los que la naturaleza, repone en forma permanente u ocasional, y abarcan los recursos fluviales, los recursos marítimos, la energía eólica, la energía solar y otros.

Entre los recursos marítimos trataremos en este trabajo la energía mareomotriz, es decir, la que puede provenir del aprovechamiento de las mareas del mar, por poseer nuestro país singularidades geográficas que brindan excepcionales posibilidades para la generación de este tipo de energía.

### **El fenómeno de las mareas en el mar**

La influencia del Sol y de la Luna sobre el planeta Tierra produce un fenómeno, en la parte móvil del mundo, que son los océanos y mares; un fenómeno de atracción y repulsión que conocemos con el nombre de mareas.

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

La pleamar y la bajamar para un mismo lugar de la costa están separadas por un período de aproximadamente 6 horas, es decir que durante un día este ciclo de 6 horas se repetirá cuatro veces. A su vez, tanto la pleamar como la bajamar van variando con los días, la hora en que ellas ocurren.

### **El aprovechamiento del ciclo de mareas**

Como sabemos, en algunos ríos se aprovecha, mediante represas, el desnivel de las aguas para generar una caída de las mismas, desde la altura que tienen en el embalse de la represa, denominada nivel de “aguas arriba”, hasta el nivel que tienen luego de descargada de la presa, llamado nivel de “aguas abajo”.

Este salto o caída del agua fluvial se aprovecha para que ella accione las paletas de turbinas hidráulicas cuya rotación genera energía eléctrica (Yacyretá, Salto Grande, Futaleufú, etc.).

El interrogante que se plantea es: ¿cómo aprovechar los desniveles de las mareas para generar energía eléctrica?

El hombre no ha permanecido indiferente a esta pregunta y desde hace dos siglos ha propuesto soluciones en zonas geográficas en las cuales la amplitud <sup>(1)</sup> de las mareas la justifica.

(1)  
Amplitud es la diferencia del nivel de las aguas existente entre la pleamar y la bajamar.

En ciertos países como Francia, Canadá, Rusia y China, se han aprovechado algunas ensenadas o bahías con estrechas comunicaciones con el mar, en las cuales se han instalado mecanismos de cierre que “aprisionan” las aguas, aprovechando mediante turbinas hidráulicas instaladas en los cierres, los movimientos de las aguas, tanto de ascenso como de descenso, a excepción de los tiempos muertos, exclusivamente en los momentos en que el nivel de agua aprisionada en la bahía es igual al nivel del agua exterior al embalse, o sea el nivel del mar. Cuando ocurre esta igualdad de niveles, las turbinas están paradas y debe preverse el aporte transitorio de energía eléctrica al sistema de distribución por alguna fuente exterior, hasta que se restablezca el giro de las turbinas a un régimen determinado.

Por lo general las paletas de estas turbinas hidráulicas, que son tipos Kaplan tienen una inclinación regulable y son aptas para trabajar con diferentes niveles de agua, tanto durante el flujo (creciente) como en el refluo (bajante) o sea que son turbinas especiales de paso variable y reversibles, y las más modernas se denominan de “baja caída”.

## La singularidad geográfica que ofrece cierto sector de la costa atlántica

La amplitud de las mareas a lo largo de nuestra costa patagónica se ubica entre las 4 (cuatro) más grandes del mundo y alcanza hasta cerca de 12 (doce) metros de altura 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.

En esa 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, produciendo 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 repetidamente en forma constante, a través del tiempo.

En definitiva, el fenómeno que en otros países se logra aprisionando con compuertas o cierres las desembocaduras de las bahías, aquí, en la zona citada, lo brinda la naturaleza.

En nuestro caso, ese desfase horario de mareas tiene lugar a ambos lados del istmo Ameghino, de relativamente poco ancho, correspondiente a la península de Valdez.

Nos encontramos, pues, frente a una configuración de mareas excepcional y extremadamente favorable para instalar un conjunto de turbinas hidráulicas de las características ya expresadas, en algún lugar del istmo citado.

## Estudios realizados sobre energía mareomotriz en la zona de la península de Valdez

### POR EL "SÍ"

**A) Años 1915-1919. Trabajos realizados por el Capitán de Fragata de nuestra Armada José A. Oca Balda.** En 1919, siendo Comandante del *Patagonia*, escribe dos trabajos: el primero, el libro *Utilización de las mareas en la Bahía San José*, en el cual propone cerrar la boca de esa bahía con un dique de 6 km de longitud, formando así un embalse de 780 km<sup>2</sup> de superficie de mar libre que podría accionar turbinas hidráulicas instaladas en el espesor del mismo dique.

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

**B) Año 1922. Estudios realizados por el Dr. Damianovich y el Ing. Besio Moreno,** que son 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.

**C) 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, formando en ese golfo una cuenca de doble efecto de 600 km<sup>2</sup> de superficie.

El costo de la obra era muy elevado debido al enorme volumen de la escollera de cierre requerido, y los inconvenientes de la dificultad en su construcción en una zona totalmente desprotegida de los embates del mar y de los fuertes vientos y tormentas imperantes en la zona.

El 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 distribuyendo agua dulce para riego. De este modo las intermitencias de la usina mareomotriz y la variación continua de los momentos de la pleamar y la bajamar no afectarían la maniobra de bombeo y distribución del agua dulce, ya que estas actividades pueden detenerse y recomenzar.

**D) Año 1948. Estudio del 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, propone el Ing. Erramouspe montar un “polo de desarrollo” en la zona próxima a la península de Valdez, con fábricas que exploten la ganadería, la agricultura, la metalurgia, la química, etc., ya que se dispondría de energía abundante y barata <sup>(2)</sup>.

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

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

**E) Año 1948. Estudio de Grupo Francés de Ingeniería.**

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

**F) Año 1950. Informe del Ing. José Richterich.**

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

**G) Años 1957-1959. Estudios de la firma Sogreah.**

La Dirección Nacional de Energía de la Argentina firmó un contrato con la empresa francesa Sogreah, que debía estudiar el tema de la energía mareomotriz en la península de Valdez y elaborar un anteproyecto completo que definiera si el emprendimiento era técnica y económicamente posible.

La primera parte del informe de Sogreah incluyó reconocimiento y mediciones realizados “in situ”, tanto topográficos, como hidrográficos.

La segunda parte del informe comprendió la confección del anteproyecto basado en los datos obtenidos en la primera parte.

El anteproyecto elegido por Sogreah fue excavar un canal recto de 3.000 metros de longitud y 292 metros de ancho que uniera el golfo San José con el golfo Nuevo.

Las turbinas proyectadas serían de palas reversibles del tipo bulbo y funcionarían en ambos sentidos de circulación de la corriente, es decir, de marcha reversible. Se preveían 50 grupos de turbinas de 12.000 kw cada una, o 60 grupos de 10.000 kw u 80 grupos de 7.000 kw, que en las tres alternativas totalizan cerca de 600.000 kw de potencia, desarrollando una energía de 1.600 a 2.500 gwh/año.

(2)

*Recordemos que varias décadas después se instalaron en la zona Aluar e Hipasan.*

**H) Año 1959. Propuesta del Ing. Loschakoff.**

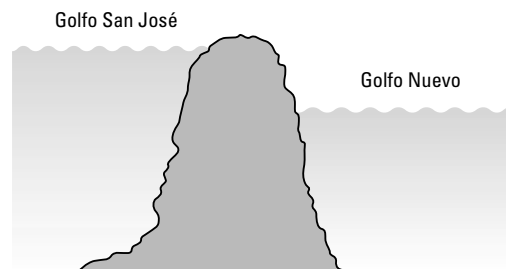
Propone el cierre de los golfos San José y Nuevo provistos de compuertas que los vincule con mar abierto. En esta forma en uno de los golfos se mantendría el nivel siempre elevado, mientras que en el otro golfo se mantendría bajo, reponiéndose el agua del golfo de nivel alto con la pleamar por un vertedero que permita el ingreso del agua de mar al golfo. El golfo de nivel bajo descargaría el agua al mar a través de una compuerta colocada en su cierre, es decir: las turbinas girarían siempre en el mismo sentido.

Esta propuesta no contempla perjuicios posibles, como la eventualidad de que el cierre de ambos golfos altere el desfase de las mareas, y el impacto ecológico, como que la isla de los Pájaros en el golfo San José estaría más tiempo inundada, perjudicando la existencia de las 30.000 aves que viven en esa isla y en ambos golfos, y que, debido a los cierres, las ballenas no podrían ingresar para reproducirse, como lo hacen actualmente.

**I) Año 1960. Propuesta del Ing. Miguel Rodríguez.**

Incluye una serie de disposiciones constructivas como para 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.

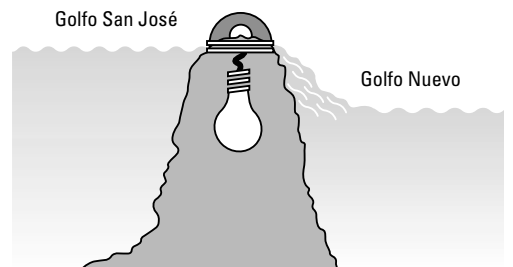
Potencia estimada: 600.000 kw, energía de 2.400 a 3.700 gw-h/año.

**J) 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.

**K) Año 1975. Ley N° 20.956.**

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

**L) Año 1975. Esquema propuesto por Agua y Energía (Zona Patagónica Centro).**

Construcción de una central mareomotriz en un canal vinculante excavado entre los golfos San José y Nuevo y de un control de bombeo próximo, elevada a 100 metros del nivel del mar. Dado el nivel de "esquema" de este trabajo, la recomendación de que fuera completado con estudios y mediciones más avanzados con miras a lograr un estudio completo de prefactibilidad técnico-económica.

**M) 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 Sogreah (1959). Y finalmente expresa que la obra debe solucionar un problema social o una necesidad de desarrollo, y que en consecuencia hay que hacer previamente un profundo estudio político, social y de desarrollo que justifique la inversión que demanda la instalación de la central.

**N) Año 1978. Estudio del Ing. Antonio P. Federico.**

Publicó en el *Boletín del Centro de Estudios de la Energía de la UADE* un excelente tra-

bajo denominado: “Las posibilidades de aprovechamiento mareomotriz en la República Argentina”.

En este trabajo, el Ing. Federico recopiló todos los estudios efectuados hasta esa fecha (1978), expresando que debían ser actualizados debido al gran avance tecnológico que había tenido lugar en los últimos años.

Concluye estableciendo la diferencia entre la energía mareomotriz y la fluvial, en el sentido de que la primera es previsible pues obedece a los ciclos de mareas, mientras que la fluvial no lo es debido a lluvias, deshielos, etc., que alteran su caudal.

**O) Año 1984. Estudio de los Ings. Aiskis y Zynglermaris.**

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

**POR EL “NO”**

**A) Año 1928. Informe complementario de la Comisión Nacional Honoraria.**

La conclusión, es que 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.

Estima la capacidad de generación en 2.900 kwh/año.

**B) Año 1928. Estudios del Ing. Camilo Rodríguez.**

Aconseja desistir de la obra por existir recursos hídricos sin explotar en la Patagonia. Señala que el caso de la central mareomotriz de la Rance, en Francia, es distinto, pues en aquel país habían agotado las posibilidades de explotación fluvial.

**C) 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 por su intermitencia en la generación de potencia y por existir la posibilidad de explotación de recursos fluviales. Señala que la intermitencia y variación en la generación de energía requiere que la central mareomotriz esté conectada a una fuente de energía casi 10 veces mayor que ella.

**D) Año 1975/76. Informe del Ing. Robert Gilbrat.**

Fue comisionado por el Ministerio de RR.EE. de Francia para cooperar con nuestro país en el estudio de energía mareomotriz, a pedido de academias y centros locales.

A su criterio, los estudios realizados hasta esa época eran absolutamente insuficientes, y recomienda mayores estudios de mareas en la costa Patagónica; abrir, si fuera necesario, un canal en el istmo Ameghino muy económico, 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 cercano a los 300 millones de dólares, sin computar los gastos financieros.

**E) Año 1981. Trabajo de los Ing. Petroni y Alberto Giménez.**

Sostienen que en el país existen aún recursos hidroeléctricos sin explotar que tendrían prioridad. Propone la participación de consultoras nacionales e internacionales para que en forma continuada hagan un estudio de prefactibilidad técnico-económica, luego un proyecto licitatorio, más tarde la decisión de la autoridad nacional y, finalmente la ejecución de la obra cuya duración sería de 6 a 7 años.

**F) Año 1986. Trabajo del Ing. Armando Sánchez Guzmán.**

Aconseja postergar la puesta en marcha de la obra hasta comienzos del siglo siguiente, luego de haberse ejecutado los más rentables aprovechamientos hidráulicos convencionales existentes en el país, y señala que el limo y los sedimentos que ocasionarían las excavaciones, acumulados en los puntos restrictivos como la entrada y la salida del canal, podrían producir la turbidez del agua afectando la procreación de ballenas que buscan aguas límpidas para desarrollar su ciclo vital.

Y finalmente, en cualquiera de las soluciones propuestas, prever mediante simulación matemática el posible asincronismo de las mareas como consecuencia de los trabajos de modificación de la geografía que se introduzcan.

**Conclusiones**

- 1) Relevar todos los aprovechamientos hidráulicos de ríos probables en el país y cuantificar el costo de su ejecución y potencia probable.
- 2) Extrapolar la demanda de energía eléctrica en el país en los próximos 20 años.
- 3) La interrupción de energía generada por la planta mareomotriz hoy no constituye un problema, por la existencia del Despacho Único de Cargas, situado en Rosario, y de la Red Nacional de Interconexión, que podría ampliarse.
- 4) Sería provechoso optar por una de las soluciones propuestas y construir un modelo a escala para experimentar.
- 5) Centralizar el manejo del tema en una sola autoridad.
- 6) Prever la utilización de aparatos de medición modernos y de herramientas de cálculo que nos brinda la informática (computadoras, ordenadoras, clasificadoras, etc.) y continuar con la recopilación de datos sostenidos y preventivos.
- 7) Prever el impacto ecológico de las obras en la zona: efecto de la presión generada por los embalses sobre las napas freáticas; consecuencia de los trabajos: en la navegación, en la fauna avícola y en los cetáceos y anfibios del área.
- 8) Control de la turbidez del agua, descargando sedimentos, barros y limo en tierra o en chatas.
- 9) Llegar a la confección de un "Proyecto Básico" que contenga la documentación técnica y económica que defina la obra y que sea suficiente para el llamado a licitación pública. <sup>(3)</sup>
- 10) Prever el sistema de concesión de obra en el cual el concesionario perciba una parte del importe del kwh generado.
- 11) Dar al tema tratamiento parlamentario, llegando a sancionar una ley que disponga lo necesario para concretarlo.  
Finalmente, el Gobierno Nacional, de acuerdo con toda la información anterior y teniendo en cuenta la situación económica del país, dispondrá la ejecución de tan importante emprendimiento energético, que constituye un desafío para las generaciones que lo lleven a cabo. ■

(3)  
*La diferencia existente entre el Proyecto Básico y el Tradicional Proyecto Ejecutivo, es que éste contiene muchos detalles de ejecución que luego son modificados sobre la marcha de la obra, resultando así el Proyecto Básico más rápido, económico y flexible que el Proyecto Ejecutivo.*