

## AVANCES EN EL ESTUDIO DE POTENCIAL DE GENERACIÓN MAREOMOTRIZ EN LA BAHIA DE SAN JULIÁN UTILIZANDO TURBINAS SUMERGIBLES

Ing. José Fidel González<sup>(1)</sup>, Ing. Luis Villanueva<sup>(2)</sup>, Dr. Gautam S. Dutt<sup>(2)</sup>, Dr. Carlos Mazio<sup>(3)</sup>, Ing. Rafael Oliva<sup>(2)</sup>  
 Area Energías Alternativas - Universidad Nacional de la Patagonia Austral

<sup>(1)</sup>Unidad Académica San Julián - <sup>(2)</sup>Unidad Académica Río Gallegos - Centro de Investigación

<sup>(3)</sup> Servicio de Hidrografía Naval, Buenos Aires, Argentina

Lisandro de la Torre 1070 - 9400 Río Gallegos - Argentina

TE +54 2966 442317/19 - FAX +54 2966 442620 E-mail: micro-en@unpa.edu.ar

**RESUMEN:** Este trabajo presenta los avances en un estudio de la generación eléctrica en San Julián (Santa Cruz) mediante el aprovechamiento de las corrientes marinas originadas por mareas en la bahía homónima. A partir de mediciones de la velocidad del agua en distintas profundidades en la entrada de la bahía, una modelización de las corrientes por diferencias finitas y datos aportados por empresas que desarrollan un prototipo pre-comercial de turbinas sumergibles, se ha realizado una cuantificación del potencial de generación eléctrica en la zona, utilizando este recurso.

Palabras Clave: **Energía Mareomotriz - Corrientes Marinas - Turbinas Tidal Stream**

### INTRODUCCIÓN

El proyecto cuyos avances aquí se presentan pretende iniciar el estudio, con vistas a su potencial aprovechamiento para generación eléctrica, de la energía de las mareas en la bahía de San Julián, Santa Cruz. El punto seleccionado (ver Figura 1) se ubica en las cercanías de la Punta Peña, que juntamente con la Punta Guijarro conforman un angostamiento de la boca de la ría de San Julián hacia el Mar Argentino. Este punto (49° 15' 04" lat. Sur, 67° 40' 06" long. Oeste) presenta características fluidodinámicas especiales similares a las de una tobera: tanto en el sentido de la circulación en pleamar como en bajamar existe una aceleración del flujo de agua que potencialmente resulta aprovechable para su conversión energética.

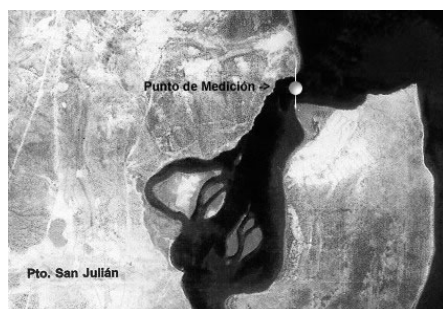


Figura 1: Foto Satelital de la Bahía de San Julián



Figura 2: Modelo de 300kW en Lynmouth, Devon, UK

### TECNOLOGIA

Aunque ha habido algunos proyectos para el aprovechamiento de energía mareomotriz, por ej. en La Rance, Francia (1961), se trataba de represas que operan con diferencias en altura del agua. Las represas requieren de grandes inversiones en obras civiles, impiden la navegación y el movimiento de la vida marina. Por ello, dichas obras resultan inconcebibles hoy. Una alternativa es el uso de turbinas sumergidas, denominadas "Tidal Stream": esencialmente "molinos" debajo del agua (Figura 2) montados en pilotes. En lugar de diferencias de nivel, estas turbinas aprovechan la *corriente* de las mareas y las corrientes marinas asociadas, en estuarios y bahías. Estos equipos proporcionan una característica de potencia cúbica con la velocidad del fluido similar a la de las máquinas eólicas, aunque con diámetros mucho menores debido a la elevada densidad del agua. El montaje y mantenimiento de las partes móviles se realiza en superficie, desde una embarcación, y la góndola se sumerge luego a una cierta distancia del fondo, para operación normal. Los pioneros en esta tecnología son empresas del Reino Unido y Canadá, que fueron consultados (Thake, 2001-3) para obtener información técnica de los prototipos en prueba.

### MEDICIONES Y MODELIZACIÓN MATEMATICA DE LA CORRIENTE

Durante 2001 y 2002, se realizaron mediciones de la velocidad de agua en la entrada (lugar de interés) y en otras zonas de la bahía (Figura 4), a través de un acuerdo con la Dirección Provincial de Puertos y Prefectura Naval Argentina. Se utilizó un correntómetro digital Swoffer 3000, con un soporte especial montado a un costado de una embarcación. El comportamiento de las mareas, principal determinante de la correntada en puntos como el que se estudia y que semeja una función senoidal modulada en amplitud, fija los momentos de máxima pendiente que fueron los que se buscó analizar. Las mediciones se utilizaron principalmente como referencia, para verificar los órdenes de magnitud proporcionados por mediciones cercanas anteriores (Mazio y D'Onofrio, 1989), y los resultados proporcionados por un modelo matemático.

El modelo matemático, provisto por el Servicio de Hidrografía Naval (SHN), es de circulación bidimensional de diferencias finitas (Caviglia y Dragani, 1996) y se corrió en un punto intermedio P ubicado en el borde sur de la 3era Enfilación (Figuras 1,6) proporcionando un promedio de velocidad de todas las capas (Mazio, 2002).

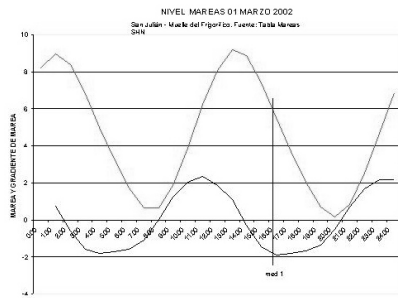


Figura 3 - Nivel de Mareas y Momento de Medición. Figura 4 - Mediciones de Corriente Superficial

Esta aproximación de primer orden ha servido para realizar el cómputo de velocidades y direcciones de corriente vistas por una turbina sumergible ideal instalada en ese punto. Utilizando posteriormente la ecuación de potencia:  $P = \frac{1}{2} \rho \eta_T \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) V^3$ , con los coeficientes de una máquina prototipo (Thake, 2001-3) y los valores de velocidad promedio de fluido se realiza la estimación de energía eléctrica anual producida, según se muestra en Tabla 1.

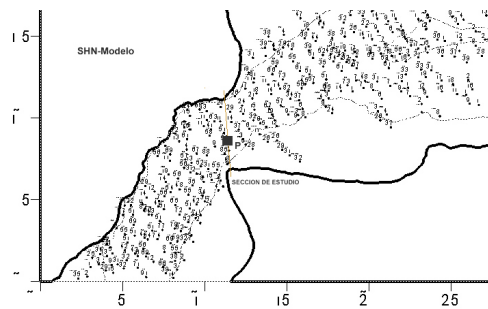
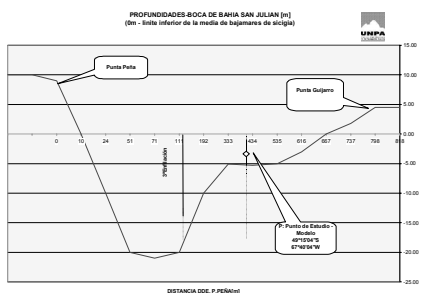


Figura 5 - Profundidades respecto a nivel cero de mareas. Figura 6 - Detalle del mapa digitalizado utilizado por SHN

Tabla 1. Energía, potencia y velocidad para máquina prototipo de 4 m de diámetro

|                       | durante el: | 1 <sup>er</sup> mes de operación | 2 <sup>o</sup> mes de operación |
|-----------------------|-------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Energía, kWh          |             | 20230                            | 20053                           |
| Potencia media, kW    |             | 28,14                            | 27,93                           |
| Potencia máxima, kW   |             | 309,3                            | 300,6                           |
| Velocidad media, m/s  |             | 1,70                             | 1,69                            |
| Velocidad máxima, m/s |             | 5,10                             | 5,05                            |

## CONCLUSIONES

Los resultados iniciales, que requieren mucho análisis y trabajo ulterior, exploran las posibilidades enormes de esta fuente energética limpia y muy abundante en nuestro litoral marítimo. A efectos de obtener un pronóstico realista, se ha considerado una máquina pequeña (4m de diámetro) que podría montarse en la ubicación seleccionada, en el borde de la enfílación como para no entorpecer el tráfico marítimo. Esta turbina, a pesar de su tamaño reducido, produciría un promedio de casi 28 kW y máximos de 300 kW (por razones constructivas el límite práctico debería ser menor). Aun así, una turbina muy pequeña suministraría energía eléctrica en forma regular como para abastecer unas 80 casas, considerando un consumo mensual de 250 kWh por cada una. Una instalación viable requeriría probablemente un número mayor de turbinas.

## REFERENCIAS

- Caviglia, F.J.; Dragani, W.C.(1996) "An improved 2-D finite difference circulation model for tide- and wind-induced flows", Computers and Geosciences, vol.22, N°10, pp.1083-1096.
- Mazio, C.A.(2002), "Predicción de Corrientes en la Boca de la Bahía de San Julián", Notas anexas explicativas del modelo.
- Mazio, C.A. y D'Onofrio, E.E.(1989), "La onda de marea en San Julián, Prov. de Santa Cruz, Argentina", Serv. de Hid. Naval., Dpto. Oceanografía, Informe Técnico N° 52789, 30 pp.
- Thake, Jeremy (2001-2003) (Marine Current Turbines, Ltd. - UK) Comunicación Personal. (www.marineturbines.com)

**ABSTRACT:** This work presents the initial results of modelling, measurements and potential energy output of a small tidal stream turbine installation in the San Julián Bay in Santa Cruz, based on water speed measurements and calculations using a finite difference circulation model. Turbine parameters were estimated based on prototype tests underway in Devon, U.K., and technical information published by the companies involved.