

Energía Undimotriz: evaluación de zonas de interés para captación de energía de las olas.

Wave Energy: evaluation of potential sites for wave energy harness.

Ana Julia Lifschitz

Universidad Tecnológica Nacional. Rectorado - Argentina
anajulialif@gmail.com

Nicolás Tomazín

Instituto Nacional del Agua. Au. Ezeiza – Argentina
nicotomazin@gmail.com

Presentación: 12/07/2018

Aprobación: 03/12/2018

Resumen.

Los conceptos de energía sustentable, limpia y con mínimo impacto negativo sobre el ambiente surgen a partir de la creciente demanda mundial energética y de la necesidad de combatir el calentamiento climático con la reducción de gases de efecto invernadero que emiten las fuentes energéticas fósiles. Esta situación está impulsando estudios sobre exploración y utilización de fuentes energéticas alternativas. Dentro de estas, la energía asociada a la dinámica de las olas (undimotriz) parecería ser una alternativa viable para localidades costeras con demanda moderada. Un requisito necesario y básico para que la energía undimotriz sea eficiente, viable y competitiva frente a otras fuentes es que el clima de olas de la región presente características apropiadas. En este sentido, se evalúan los sitios en los cuales se puede potencialmente extraer energía del mar en forma sustentable y a su vez existan las condiciones naturales necesarias para asegurar una disponibilidad energética estable y sostenida en el tiempo.

Palabras Claves: potencial de olas, fuentes de energía renovable, modelación numérica

Abstract

The concepts of sustainable, clean energy and with minimum negative impact on the environment arise from the increasing world energy demand and the need to combat global warming with the reduction of greenhouse gas-emitting fossil energy sources. This situation is driving research, exploitation and use of alternative energy sources. Within these, the energy associated with the wave dynamics would appear to be a viable alternative for coastal locations with moderate demand. The requirement to make wave energy efficient, viable and competitive against other sources is that the climate of waves in the region must present appropriate characteristics. In this sense, sites in which can potentially extract energy from the sea in a sustainable way are evaluated, to ensure stable and sustained energy availability.

Keywords: wave potential, renewable energy sources, numerical modelling.

Introducción

La creciente demanda de energía para satisfacer las necesidades de la población mundial y la mitigación del cambio climático reinante están impulsando estudios sobre exploración y utilización de nuevas fuentes de energía alternativas, que sean limpias, sustentables y amigables con el medio ambiente (con un mínimo de impacto sobre el mismo). Entre todas las energías limpias disponibles, las energías marinas (olas, corrientes, mareas) son muy prometedoras por su “cuasi infinita” disponibilidad. Dentro de las mismas, la asociada a la dinámica de las olas (undimotriz) parecería ser una alternativa viable para localidades costeras con una moderada demanda. El clima y las características de nuestra plataforma continental hacen que la potencial de olas se encuentre entre 30-100Kw/m (potencia por metro lineal de frente de olas) [1]. Un requisito primario para que la energía undimotriz sea sustentable, eficiente y viable es que el clima de olas de la región de interés ofrezca alturas, direcciones y periodicidades del oleaje apropiadas para que la energía aprovechable sea competitiva frente a otras fuentes energéticas. Además, se debe tener en cuenta aspectos importantes a la hora de decidir la ubicación de un parque undimotriz, por ejemplo, que la frecuencia de olas de tormentas (altamente destructivas) y los momentos de calma, donde no se registraría energía suficiente para su captación y utilización, sea baja. Consecuentemente, poder determinar el lugar ‘ideal’ para un parque undimotriz depende de la posibilidad de estimar su disponibilidad y poder cuantificar la cantidad de energía aprovechable, para que la balanza económica de inversión (costo/beneficio) del proyecto arroje resultados favorables. Por lo tanto, una caracterización preliminar del ambiente marino en lo que concierne a los parámetros del clima de olas, resulta ser fundamental

y mandatario en cualquier proyecto de extracción y conversión de energía undimotriz en eléctrica. Cuando en alguna zona en particular se intenta establecer las características medias, máximas o más probables del oleaje (clima de olas) para la elaboración de conclusiones confiables, se necesita disponer de al menos cinco años de mediciones sistemáticas de olas obtenidas con instrumental específicamente diseñado para tal efecto. Lamentablemente existe una falta de mediciones sistemáticas de olas durante largos periodos de tiempo en la costa argentina (exceptuando la boca del estuario del Río de la Plata).

En este trabajo se estudia la factibilidad de instalación de un parque undimotriz en la costa argentina. En particular, se propone la costa bonaerense como la más apta para este tipo de emprendimiento debido a la proximidad a la ciudad de Buenos Aires y demás centros urbanos. Dado que se cuenta con una base insuficiente de datos observados, se recurre a estudios de modelado numérico. El modelo utilizado es un modelo de tercera generación BOUSS2D, convenientemente implementado y validado con las observaciones de campo disponibles para el periodo entre 2006-2007.

Desarrollo

La teoría lineal o de Airy [2] de olas establece que la densidad de energía (potencia media) es proporcional al cuadrado de su altura por su periodo, Ecuación (1), donde ρ es la densidad de agua, (1030kg/m³), g la aceleración de la gravedad (9.81m/s²), H_0 es la altura de olas en aguas profundas y T el periodo. Para un clima de olas aleatorio (compuesto por un gran número de ondas sinusoidales de diferentes periodos y alturas), la Ecuación (1) se transforma en Ecuación (2). Donde H_s es la altura significativa (promedio del tercio de olas más altas) y T_z el periodo de crossing zero. [2-4]. Una región deseable para el aprovechamiento de energía undimotriz debe caracterizarse por un clima de olas regular, con oleaje moderado durante la mayor parte del tiempo y sin tormentas severas frecuentes o periodos de calma prolongados. Se debe tener en cuenta que para el aprovechamiento de energía undimotriz y cualquier otro tipo de energía renovables marinas, como la procedente de las mareas y sus corrientes asociadas, las granjas de generación deben estar primordialmente cerca de poblados urbanos para evitar así gastos extras como el transporte y acumulación de energía eléctrica. También es fundamental que el impacto negativo sobre el ambiente sea lo más pequeño posible para asegurar su sustentabilidad para futuras generaciones.

$$P = (\rho g^2 / 32\pi) H_0^2 T \quad (1)$$

$$P = (\rho g^2 / 64\pi) H_s^2 T_z \quad (2)$$

ANALISIS PARA EL LITORAL ARGENTINO.

ZONA PATAGONICA.

La costa patagónica, definida entre la desembocadura de río Negro y el estrecho de Magallanes, posee, en general, un régimen de vientos predominantemente del oeste dando lugar a un oleaje costero suave y días de calma, con situaciones de oleaje costero intenso y altamente energético de temporales con baja frecuencia. Se observa un escenario de escasa profundidad del lecho marino (200m) a distancias considerables de las costas (200millas) [5]. Lamentablemente, no se cuenta con una base de datos suficiente como para determinar un clima de olas confiable. Las únicas observaciones visuales, según el Servicio de Hidrografía Naval (SHN), se dan en algunas localidades puntuales, (en Playa Unión, al Sur del golfo Nuevo, y en Caleta Paula, en el golfo San Jorge al Sur de Caleta Olivia), obtenidas con un olígrafo Interocean S4A en forma esporádicas (entre 1994 y 2000). Esta información tampoco es suficiente para validar simulaciones numéricas costeras. En la costa fueguina, los datos de olas disponibles son off-shore (no costeros) suministrados por empresas relacionadas con la exploración y explotación del petróleo. La potencia aumenta hacia mar adentro, (offshore), con su máxima disponibilidad (más de 60KW/m) a más de 100Km. de distancia de la costa, [6]. Desde el punto de vista del aprovechamiento energético, los dispositivos más convenientes de generación de energía eléctrica a partir de las olas serían aquellos diseñados para ser proyectados lejos de la costa. Pero, por otro lado, estos tienen la desventaja del consecuente costo adicional que significaría el transporte de energía hacia el continente. Por lo tanto, y hasta el momento, pues no se descarta que existan localidades costeras puntuales con un potencial energético adecuado, no se dispone de datos fehacientes que permitan valorar el potencial energético de olas en estas costas. Consecuentemente, esta región, en principio, resultaría inadecuada para el aprovechamiento de energía undimotriz dado la falta de información oceanográfica.

ZONA BONAERENSE.

La costa bonaerense ofrece un panorama más favorable para el aprovechamiento de la energía undimotriz, pues los vientos predominantes vienen desde el mar con variada intensidad: suaves, moderados y fuertes. En esta región tampoco se dispone de una cobertura ideal en mediciones directas de olas. Sin embargo, las pocas observaciones que hay se han utilizado para validar modelos regionales. Sobre la base de estos estudios, en términos generales, se observa que en la zona costera del Partido de la Costa (entre Punta Rasa y Punta Médanos) la altura de ola media está comprendida entre 0.70 y 0.90m, entre Punta Médanos y Cabo Corrientes entre 0.80 y 1.00m y, entre cabo Corrientes y Puerto Quequén entre 1.00 y 1.20m [7 y 12]. De un estudio numérico realizado para la zona costera comprendida entre Bahía Blanca y Quequén se obtuvo que la Hs media (máxima) anual aumenta hacia el este, desde 0.40m (1.16m) en cercanías del estuario de Bahía Blanca hasta

valores que no superan 1.50m (9m) en inmediaciones del Puerto Quequén. Se podría concluir, basada en la información existente, que la potencia media anual en la costa de Buenos Aires sería inferior a 25 KW/m. sin embargo, en condiciones de tormenta, aunque no es una situación muy frecuente, se podrían registrar valores de potencia hasta los 30 KW/m en localidades como Punta Médanos, Mar del Plata y Quequén. Se concluye, entonces que la zona del puerto de Quequén es la más adecuada para encarar un proyecto de aprovechamiento de energía undimotriz.

ELECCION DE LOCACION GRANJA UNDIMOTRIZ

El lugar específico que se eligió para la localización de un parque undimotriz, como mencionado en el apartado anterior, es el puerto de Quequén, municipio de Necochea en el sur de la provincia de Buenos Aires, FIGURA 1. Los motivos de esta elección son varios, principalmente porque ofrece el clima de olas más convenientes, pues presenta valores de altura de ola relativamente mayores a otras localidades. Lanfredi et al (1992) [7] indica períodos que oscilan entre 7-10s, y una altura media de ola de 1.33m, con máximos de 3.6m, en comparación a valores medios de 0.68m y 1.15m para Mar de Ajo y Punta Medanos respectivamente. Además, se suman otras condiciones de importancia que deben tenerse en cuenta: se han implementado otras fuentes de energías renovables en la costa, como la eólica near shore, con lo cual ya se ha hecho un estudio de impacto ambiental que podría usarse para el presente emprendimiento. Sumado a esto, se cuenta con un puerto y demás obras civiles (dos escolleras norte y sur y caminos), un tendido eléctrico que alimentan a dos ciudades cercanas, Quequén y Necochea, datos históricos del clima registrados sobre la zona y fácil acceso para el mantenimiento del parque. Asimismo, hay en el extremo de la escollera sur un olígrafo el cual suministraría información de parámetros de olas necesarios para el control del instrumento y seteo de parámetros, una central mareográfica que permitiría realizar diagnósticos y pronósticos meteorológicos y del clima de olas. También la profundidad muy próxima a la escollera vería entre 10-15m, condición ideal para instalar el equipo conversor sobre la costa durante la fase experimental y demostración. Por último, este emprendimiento puede ser visitado por los diferentes sectores de la sociedad para la divulgación y fomento del uso de energías renovables marinas.

DESCRIPCIÓN ZONA DE ESTUDIO.

Descripción general de la zona de Quequén, partido de Necochea.

Quequén es una localidad y ciudad balnearia de la provincia de Buenos Aires, ubicada sobre la costa atlántica, a 38°33'20"S de latitud y 58°42'58"O de longitud (FIGURA 1). El clima de la región es templado, los vientos más frecuentes son del norte con una velocidad media de 9,26km/h, y vientos del sudoeste con mayor magnitud, 24km/h, pero menos habituales. El régimen de mareas es mixto, predominantemente semidiurno (con desigualdades diurnas) con una amplitud media entre los 0.69m y 0.80m [6]. El puerto en esta localidad es una estación marítima situada en la desembocadura del río Quequén Grande y es calificado como uno de los principales puertos cerealeros de la Argentina. Geográficamente se considera

puerto de aguas profundas, pues a solo 1.500m de la boca de entrada al puerto se alcanzan profundidades naturales de 14m. Está protegido por dos escolleras situadas al oeste y este, con una longitud de 1.200m y 572m, respectivamente. FIGURA 2.

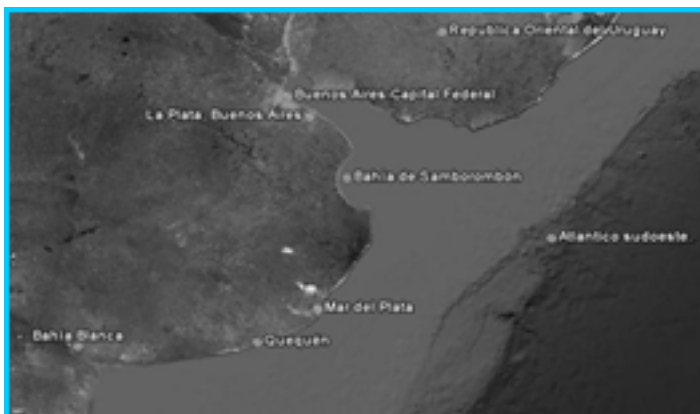


FIGURA 1: localidad de Quequén y centros urbanos de la provincia de Buenos Aires. . Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO, 2013.



FIGURA. 2: escolleras oeste y este del puerto de Quequén.
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO, 2013.

DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DEL OLÍGRAFO

El olígrafo utilizado en este trabajo pertenece a la marca Interocean System Modelo S4ADW instalado a unos 400m de distancia de la escollera Sur de Puerto Quequén ($38^{\circ}32' 05''S$, $58^{\circ} 43' 00''W$) a una profundidad aproximada de 13m (FIGURA 3). El período del registro es julio 2006-diciembre 2007. El instrumento



fue diseñado para adquirir datos hidrográficos/oceanográficos, como intensidad y dirección de la corriente, oleaje direccional y marea. Pueden adicionarse sensores para medir turbidez, clorofila y un CTD. El instrumento puede fondearse en profundidades que van desde la costa hasta 70m. La frecuencia de adquisición de datos es de 2 Hz, una resolución teórica de 0.004m para la profundidad, 0.002m/s para la intensidad de la velocidad y 0.5° en la dirección. Su peso es de 11Kg. y su diámetro de 0.25m.

A partir de los datos medidos por el equipo se dispone de una serie de tiempo con parámetros estadísticos medidos cada 20 minutos constituida por:

Altura de olas en metros: H

Hmax: máxima

Hs: significativa.

H1/10: altura promedio del décimo de olas de mayores alturas en el registro.

Periodos en segundos: T

Tp: pico espectral

Tz: crossing zero

Ts: significativo asociado a Hs

Tmax: máximo

Dw: dirección del flujo máximo de energía (grados; 0.0°= norte y aumenta en sentido horario) y corresponde a la dirección desde donde vienen las olas.



FIGURA 3: Posición del olígrafo en Puerto Quequén.

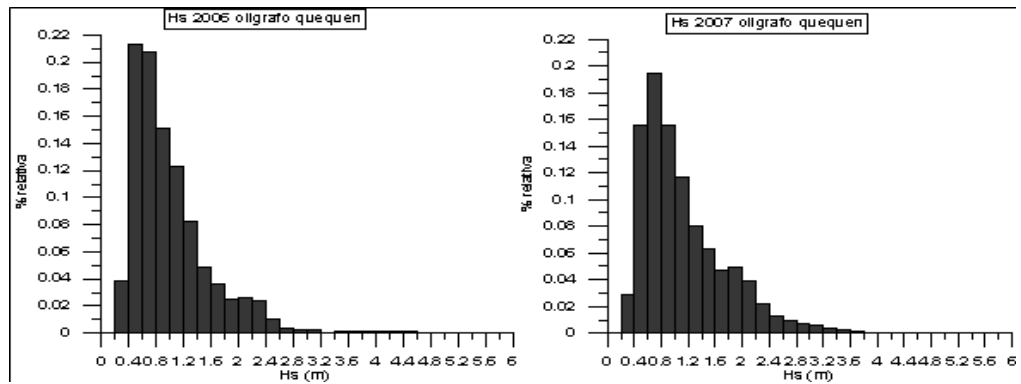
ANALISIS ESTADISTICOS DE DATOS IN SITU.

En este trabajo, para caracterizar el clima de olas se utilizaron Hs, Tp, Tz y Dw.

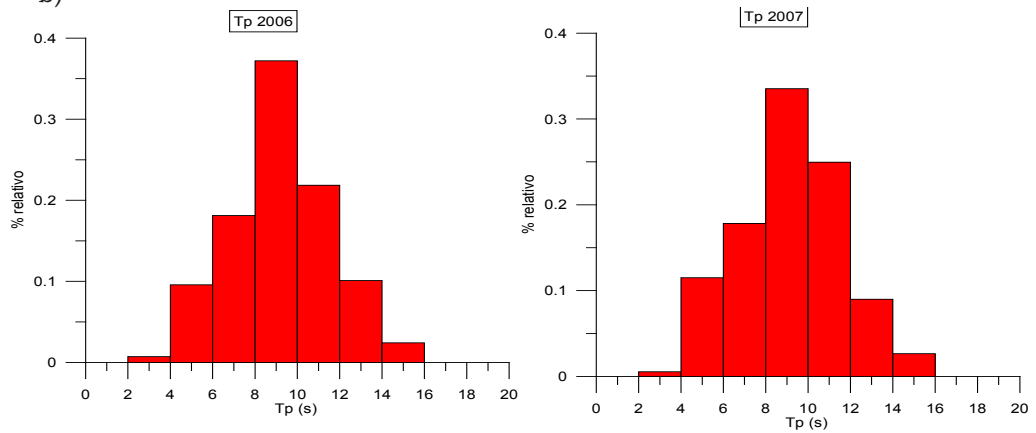
	2006			2007		
	Tp (s)	Tz (s)	Hs (m)	Tp (s)	Tz (s)	Hs (m)
cantidad de datos	8060	8060	8060	23088	23088	23088
maximo	16,40	12,30	5,96	18,80	11,20	6,04
minimo	4,00	4,60	0,28	4,00	4,50	0,23
media	8,53	7,17	1,04	8,53	7,14	1,14
desvio estandar	26,58	1,11	0,66	25,76	1,16	0,65

Tabla 1: Estadística básica.

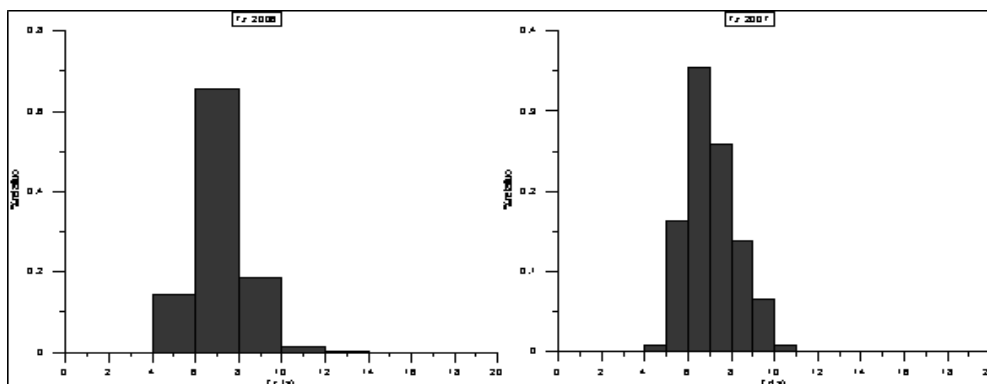
a)



b)



c)



d)

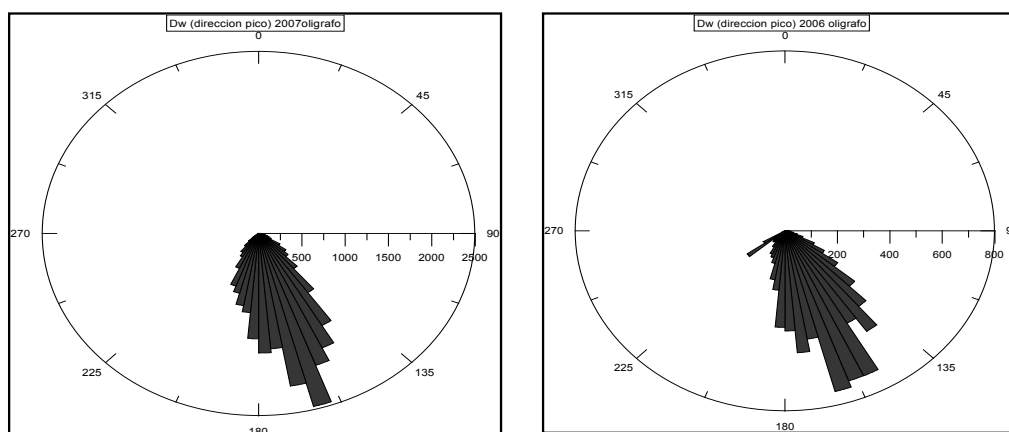


FIGURA 4: Histogramas para Hs (a), Tp (b), Tz (c) y Dw (d) para el 2006 y 2007

Los valores más frecuentes, tanto de Hs como Tp oscilan entre 0.8-1.4m y entre 8-10s respectivamente, para los dos años FIGURA 4 (a) y (b). La dirección del pico espectral más frecuente se encuentra en el cuarto cuadrante, S-SE, (157.5°) y en menor rango desde el SO FIGURA 4 (d). Estas direcciones sur se asocian con Hs y periodos más grandes y por ende, a potencias mayores. Los valores medios de Hs para los años medidos difieren poco (1.04m para 2006 y 1.14m para el 2007, mientras que el Tp medio coincide en ambos años (8.53s). Tabla 1. De la distribución temporal de Hs (no mostrada), se puede observar días de tormentas en pleno invierno, para el año 2006 con un valor de Hs hasta casi 6m y un Tp asociado de 11.3s. Para el año 2007, también se distingue días de tormenta en época invernal donde se alcanzan valores de casi 5.5m y Tp de 13s. La dirección para ambas situaciones es de entre 167-180°, correspondiente al sector S-SE. Los valores de potencia (Ecuación 2) media y máxima en el 2006 son 5.43 y 130.93Kw/m respectivamente. Para el 2007 el valor de potencia media es 6.02Kw/m y potencia máxima es ~135Kw/m. se debe notar que estos valores tan altos se corresponden a periodos de

varios días de tormentas en ambos años.

IMPLEMENTACION MODELADO NUMERICO

Dado que la información aportada por el olígrafo en Quequén no es suficientemente larga como para conformar una climatología de olas confiable y robusta, el desarrollo de estudios basados en modelación numérica permite ampliar la caracterización del clima de olas.

Por otra parte, la propagación del oleaje hasta la zona de estudio para la selección del sitio de ubicación de un dispositivo para el aprovechamiento de la energía undimotriz requiere una modelación con suficiente detalle para incorporar procesos físicos del área costera y la interacción con estructuras. El modelo utilizado para esta aplicación fue BOUSS2D, convenientemente validado con observaciones de campo disponibles para el periodo entre 2006-2007.

CARACTERISTICAS GENERALES DEL MODELO

BOUSS-2D es un modelo numérico perteneciente al sistema SMS (Surface-Water Modeling System) desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de U.S.Army. El mismo se encuentra basado en una solución dominio-tiempo de ecuaciones tipo Boussinesq. Wei et al. (1995) [9] derivó la forma completamente no lineal de estas ecuaciones, siendo este aporte particularmente útil para la simulación de ondas altamente asimétricas en aguas poco profundas, corrientes inducidas por oleaje, wave setup cercano a la línea de costa, y la interacción ola-corriente. Dada la importancia de los procesos de turbulencia y corrientes generadas por el rompimiento de olas, los cuales conducen los mecanismos de transporte de sedimentos y contaminantes, Nwogu (1996) [10] extendió la forma completamente no lineal de las ecuaciones tipo Boussinesq a la zona de surf. Para ello acopló las ecuaciones de conservación de masa y momento con un modelo de evolución espacial y temporal para la energía cinética de la turbulencia producida por el rompimiento de olas.

Estas ecuaciones han sido modificadas también para incluir los efectos de fricción de fondo y caudal a través de estructuras porosas, y pueden ser utilizadas para simular la mayoría de los fenómenos de interés en el ámbito de la ingeniería de costas y puertos, como ser:

- Bajío.
- Refracción.
- Difracción.
- Reflexión parcial o total.
- Fricción de fondo.
- Interacción no lineal entre distintas componentes de onda.
- Rompimiento de olas y Run-up.
- Corrientes inducidas por acción del oleaje.
- Interacción entre olas y corrientes.

Las hipótesis básicas asumidas por el modelo para la simulación en la zona de rompiente son las siguientes:

- Las olas tienen un rompimiento tipo "spilling"
- La turbulencia es producida en la región cercana a la superficie cuando la velocidad horizontal en la superficie libre supera a la velocidad de fase, C .
- La tasa de producción de energía cinética de la turbulencia es proporcional al gradiente vertical de la velocidad horizontal de la superficie libre.
- La turbulencia inducida por el rompimiento es propagada por convección en la región cercana a la superficie con una velocidad igual a la velocidad horizontal de la superficie libre.

Solución numérica

Las ecuaciones correspondientes son resueltas utilizando un método de dominio-tiempo en diferencias finitas. El dominio computacional es discretizado por medio de una grilla rectangular con pasos de discretización Δx y Δy en las direcciones de los ejes respectivos. Las variables de la ecuaciones son definidas sobre una grilla de puntos de manera escalonada, siendo la profundidad y elevación de la superficie definidas sobre cada nodo (i,j) de la grilla, mientras que las velocidades se definen sobre puntos intermedios ubicados sobre cada borde celda a una distancia $\frac{\Delta x}{2}$ y $\frac{\Delta y}{2}$ de los nodos, según corresponda el eje $(i\pm 1/2, j\pm 1/2)$.

Para la resolución numérica de las ecuaciones se utiliza un esquema Crank Nicolson con un método predictor-corrector que permite obtener una estimación inicial. Las derivadas parciales son aproximadas usando un esquema de diferencias hacia delante para el tiempo y diferencias centradas en el espacio.

El proceso de cálculo se mantiene estable siempre y cuando el número de Courant, Cr , [11] sea menor que 1. Esta condición, necesaria para asegurar la estabilidad del cálculo, impone restricciones sobre la relación entre el tamaño de los pasos de discretización de la grilla y el paso de tiempo utilizado para cada simulación. Es recomendable que en el inicio del proceso de cálculo el valor de Cr permanezca entre 0.5 y 0.7, puesto que la interacción no lineal entre distintos componentes de onda, el rompimiento de olas, la reflexión, y otros procesos físicos pueden afectar la estabilidad del modelo numérico.

Condiciones de borde

Las distintas condiciones consideradas en el modelo BOUSS-2D son:

- generación externa de olas para el ingreso de energía
- generación interna de olas y absorción y propagación de energía hacia el exterior del dominio
- interacción de las olas con las estructuras presentes en el interior del dominio de cálculo.

- Regiones de absorción (damping) de energía de las olas
- Estructuras porosas (no aplicadas en este trabajo).

Los bordes externos de energía contemplan diferentes características de oleaje tanto regular como irregular. La representación de olas regulares requiere la definición de valores de altura significativa H_s , período pico T_p , y dirección de incidencia. Para la representación del oleaje irregular BOUSS-2D dispone de un menú de espectros unidireccionales que describen la distribución de energía según la frecuencia (Pierson-Moskowitz, Bretschneider (1959), JONSWAP, TMA y Ochi-Hubble), y espectros direccionales, donde la energía se distribuye según la frecuencia y direcciones de incidencia.

Las propiedades absorbentes o reflejantes para los distintos contornos (límite del dominio e interacción con estructuras interiores) se hace por medio de la definición del coeficiente de damping (γ). El coeficiente de damping puede adoptar valores entre 0 y 1, siendo:

- Estructuras totalmente reflejantes ($\gamma = 0$),
- Bordes oceánicos totalmente absorbentes ($\gamma = 1$)

IMPLEMENTACION DEL MODELO EN PUERTO QUEQUEN

Grilla de cálculo

La grilla de cálculo se confecciono con información batimétrica provista por la Oficina Técnica del Consorcio de Gestión del Puerto de Quequén e información extraída de la Carta Náutica H-252 del SHN. El área modelada para este estudio abarca una superficie del orden de 4.5Km², discretizada en un grilla regular con una resolución espacial de 3 m. FIGURAS 5 y 6.

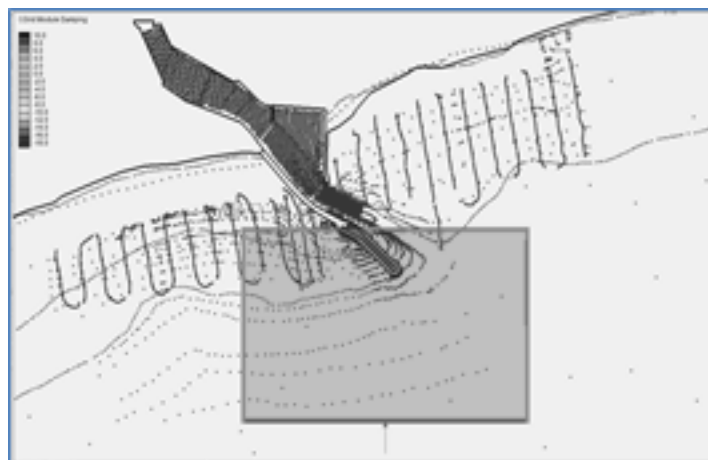


FIGURA 5: área de modelación seleccionada inicialmente para aplicación de Bouss 2D

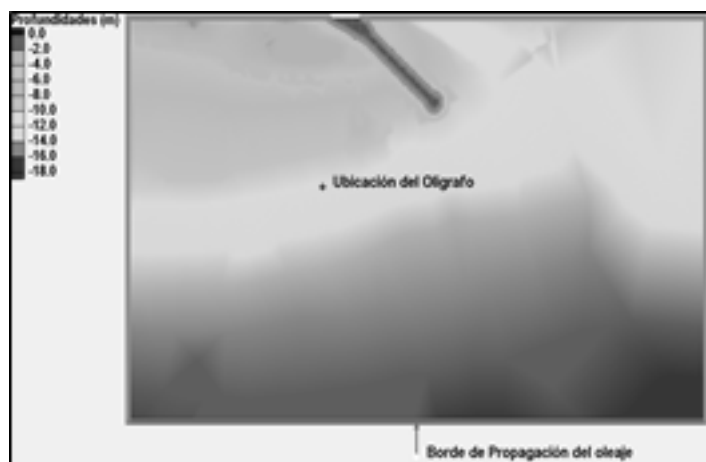


FIGURA 6: Detalle del dominio de cálculo para el modelo.

Condiciones de contorno.

Los bordes laterales del modelo, bordes “oceánicos”, fueron considerados como fronteras totalmente absorbentes, permitiendo el egreso del sistema de la energía reflejada por la presencia de las estructuras portuarias y la costa ($\alpha = 1$). Para el contorno de la escollera sur se consideraran diferentes condiciones de reflexión. El borde oceánico frontal a la escollera es el borde de ingreso de energía al dominio, donde se consideraron diferentes escenarios para el oleaje representados en cada caso por un espectro de densidad de energía de JONSWAP.

Estos valores fueron obtenidos de una modelación previa en escala regional que consistió en propagar las olas desde un nodo en aguas profundas mediante la implementación del modelo SWAN [13]. Como fuente de información para esa tarea se utilizaron datos generados mediante técnicas de reanálisis del proyecto IOWAGA (Integrated Ocean Waves for Geophysical and other Applications), desarrollado por el instituto de investigación IFREMER de Francia [14].

VALIDACION.

El proceso de validación del modelo consistió en comparar valores registrados en el olígrafo durante el año 2007 con resultados obtenidos mediante la modelación de Bouss 2D para la misma fecha y en la misma ubicación del olígrafo, dado que éste se encuentra dentro del área modelada (Figura 6). En este procedimiento se seleccionaron como situaciones de interés temporales con alturas de ola registrada en el olígrafo superiores a $H_s = 4\text{m}$, obteniéndose en todo los casos una buena concordancia entre valores simulados y registrados. La Figura 7 da cuenta de ello,

mostrando el ajuste entre alturas, períodos de pico y dirección de incidencia de las olas para los temporales 1 y 2, dispuestos sobre el panel izquierdo y derecho de dicha figura, respectivamente.

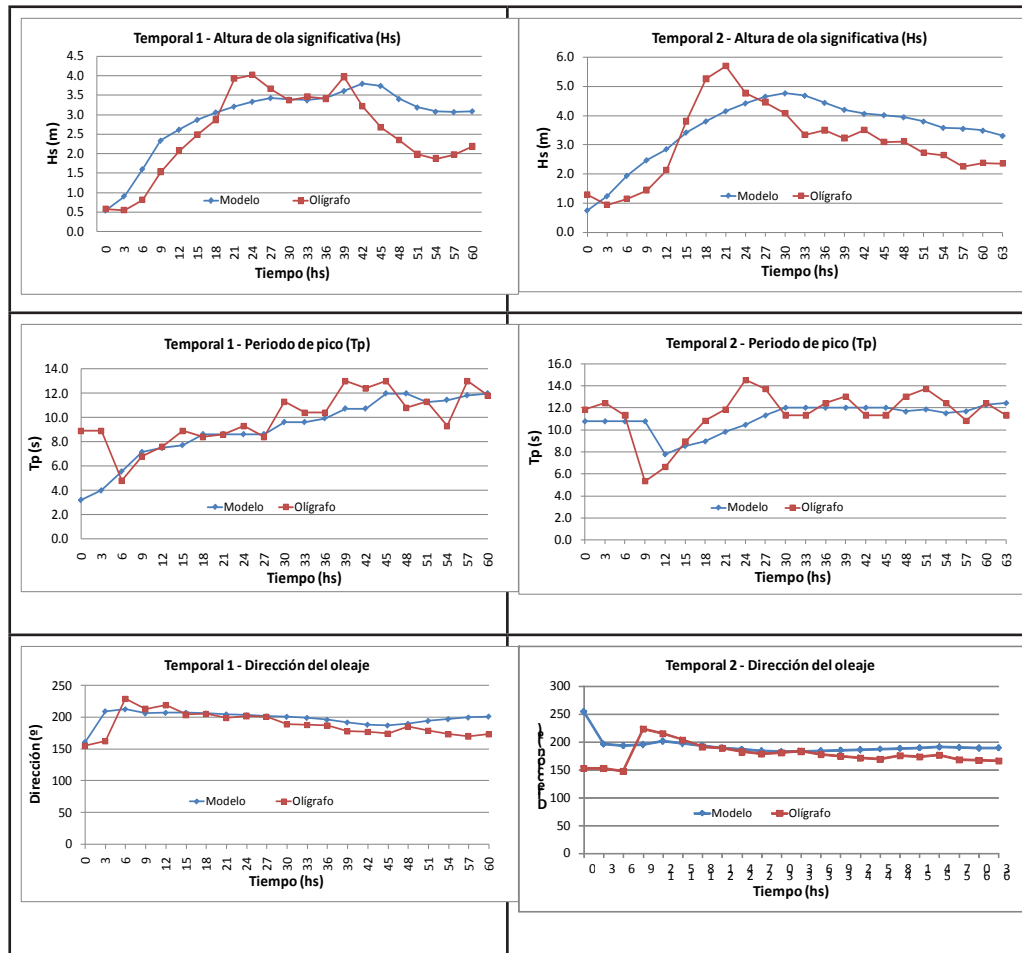


FIGURA 7: Resultados del proceso de validación del modelo

El Temporal 1 seleccionado para este análisis tuvo lugar entre el 23 y el 25 de junio de 2007 con una duración de 60 hs y una altura máxima de registro de $H_s=4.01$ m; mientras que el Temporal 2 ocurrió entre el 26 y 28 de julio de 2007 con una duración de 63 hs y altura máxima en el olígrafo de $H_s=5.69$ m.

La validación del modelo permite su aplicación para el análisis en detalle de un amplia zona de interés para este estudio posibilitando la evaluación de diferentes sectores como ubicaciones potenciales para la instalación del dispositivo destinado al aprovechamiento de la energía undimotriz. Como se muestra en la Figura 8, los resultados de las simulaciones de Bouss 2D permitan visualizar la distribución de alturas de ola en una amplia región en el entorno de la escollera considerando

la interacción entre el oleaje y la estructura.

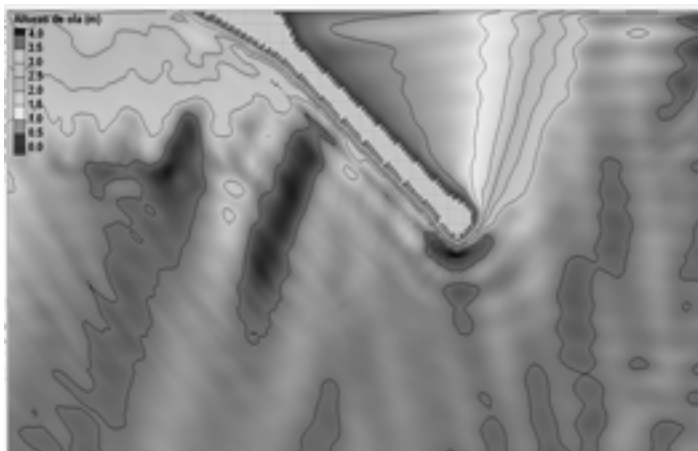


FIGURA 8: Distribución de alturas de ola en el entorno de la escollera durante el Temporal 1

Conclusión

Es este trabajo se evaluaron los lugares donde el aprovechamiento de energía undimotriz sea posible y conveniente en términos económicos. A pesar que la costa Argentina es extensa, surge que los sitios donde se puede potencialmente extraer energía del mar, en forma sustentable, son acotados, pues se deben cumplir ciertos requerimientos. Entre ellos, que el lugar presente condiciones para asegurar una disponibilidad energética estable y sostenida en el tiempo, que cerca de las zonas de generación se encuentren emplazamientos urbanos con potenciales usuarios de la energía, contar con infraestructura básica para emplazar y acceder a los generadores, personal técnico capacitado para el mantenimiento y chequeo de los dispositivos, y fundamentalmente que el impacto sobre el ambiente de los proyectos y emprendimientos energéticos sea mínimo. De lo anterior, se deduce que la zona del puerto de Quequén, provincia de Buenos Aires, cumple con los requerimientos mencionados anteriormente y se plantea la hipótesis de instalar un dispositivo undimotriz sobre la escollera sur del puerto. En el área de estudio (Figura 1), se cuenta con dos años de mediciones sistemáticas (2006-2007) obtenidas con un oligrafo S4ADW operado por el consorcio del puerto de Quequén. Del análisis de las observaciones de campo se concluyó, entonces, que la dirección del flujo máximo con mayor frecuencia es S-SE, con valores de Hs entre 0.8-1.4m y periodos de 8-10s, con altos valores de potencia (del orden de 130Kw/m, debido a tormentas). Lamentablemente, la base de datos in situ disponible es insuficiente como para establecer un clima del oleaje significativo y robusto. Se plantea entonces, como paso siguiente, acudir al modelado numérico para suplir la deficiencia de datos y evaluar el comportamiento del oleaje y su propagación desde la

zona de generación hacia la escollera sur del puerto, donde iría el dispositivo. El modelo a implementarse es el BOUSS-2D perteneciente al sistema SMS (Surface-Water Modeling System). Las condiciones de borde del modelo estarán dadas por diferentes valores de parámetros de olas y coeficiente de damping. Esta etapa del trabajo y las conclusiones finales se encuentran en desarrollo hasta el momento.

Referencias.

- Wave Energy paper. (1991) I. Mech. E., European Directory of Renewable Energy).
- Airy G. B (1845): 'Tides and Waves'. Encycl Metrop London.
- Thorpe T.W. (1999): "A brief review of wave energy". UK Department of Trade and Industry, May.
- Dragani, W. (2000): "La energía Oceánica", Boletín Nro. 79, Asociación Argentina de Geofísicos y Geodesias.
- Francisco Galia. (2011). Energía del Mar, congreso HyFUSEN. Mar del Plata, Argentina.
- Lifschitz, A. J. y Dragani, W. C., (2013): Evaluación del potencial energético de las olas en la Plataforma Continental de Tierra del Fuego, Argentina. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional, 6pp.
- Lanfredi N W, Pousa J I, Mazio C A and Dragani W (1992): 'Wave-Power Potential along the Coast of the Province of Buenos Aires, Argentina'. Energy. Vol 17, N° 11.
- Servicio de Hidrografía Naval, (2000 y 2006)
- Wei G., Kirby, J. T., Grilli, S T., and Subramanya, R. (1995). "A fully nonlinear Boussinesq model for surface waves, Part1, highly nonlinear unsteady waves," Journal of Fluids Mechanics 294, 71-92

Nwogu O. (1996) ``Numerical prediction of breaking waves and currents with a Boussinesq model'' Paper presented at the 25th International Conference on Coastal Engineering, ICCE'' 96, Orlando, FL.

BOUSS-2D (2001): A Boussinesq Wave Model for Coastal Regions and Harbors. Report 1 Theoretical Background and User's Manual. Okey George Nwogu and Zeki Demrbilek. September

Mazio, C. A., Dragani, W. C., Pousa, J. L. y Lanfredi, N. W. (1993): "Las olas como un recurso energético renovable". Realidad energética. Año 11, N° 50, pp. 24 - 35.

Booij, N.; Ris, R.C. y Holthuijsen, L.H., 1999. A third generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation. Journal of Geophysical Research, 104(4), 7649-7666.

<http://wwz.ifremer.fr/iowaga/Products>