

CARACTERIZACIÓN DEL OLEAJE Y LAS PLAYAS DE CAYO SERRANILLA

Jesús Andrés Zambrano Pinzón*
jzambranop@enap.edu.co

Carlos Alberto Andrade Amaya**
candrade@costa.net.co

Fecha de recepción: diciembre de 2010, Fecha de aceptación: septiembre de 2011

Resumen: Para efectos de analizar el oleaje y entendiendo que este es un factor determinante en la modelación costera y dinámica del litoral se dividió el estudio del mismo en dos fases. La primera consistió en la aplicación del módulo OLAS sobre el Cayo de Serranilla, y la segunda en el análisis espectral del oleaje *in situ* obtenido a partir de los datos arrojados por sensores de presión ubicados en sectores cercanos a la playa. Se pudo conocer del Cayo de Serranilla qué sector recibe la mayor energía por acción del oleaje, así como también el transporte potencial y se obtuvo una caracterización de las playas concluyendo que son predominantemente intermedias.

Palabras clave: Oleaje, OLAS, Análisis espectral.

Abstract: For purposes of analyzing and understanding the waves that this is a decisive factor in shaping coastal and dynamic of coastline the study was divided into two phases. The first was the implementation of the module OLAS on the Serranilla cay, and the second the spectral wave analysis from the data obtained from pressure sensors located in areas close to the beach. The coastal areas in which the waves are more energetic was identified and the potential sediment transport was calculated. The beaches were classified as predominantly intermediate.

Key words: Waves, OLAS, Spectral analysis.

* Teniente de Navío de la Armada República de Colombia, Oficial alumno del pregrado en Oceanografía Física de la Escuela Naval "Almirante Padilla", Cartagena, Colombia.

** Capitán de Navío (RA) de la Armada República de Colombia, Oceanógrafo Físico de la Escuela Naval "Almirante Padilla", Ph.D. en Oceanografía del School of Ocean Sciences University of Wales. Investigador del Grupo de Investigación en Oceanología de la Facultad de Oceanografía de la Escuela Naval de Cadetes "Almirante Padilla", Cartagena, Colombia.

INTRODUCCIÓN

El oleaje es una consecuencia del rozamiento del aire sobre la superficie del mar; supuesta una constante solar del orden de 375 W/m^2 , aproximadamente 1 W/m^2 se transmite al oleaje, que actúa como un acumulador de energía, por cuanto al tiempo que la recibe, la transporta de un lugar a otro, y la almacena; la intensidad del oleaje depende de la intensidad del viento, de su duración y de la longitud (*fetch*) sobre la cual este transmite energía a la ola [1].

El módulo para determinar el régimen de oleaje en las aguas jurisdiccionales de Colombia, OLAS, desarrollado por el Centro Control Contaminación del Pacífico, CCCP, con apoyo y asesoría del Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas, GIOC, de la Universidad de Cantabria de España, es uno de los programas denominados de pre-proceso dentro del Sistema de Modelado Integral para Zonas Costeras, que permite obtener los regímenes medios de oleaje en cualquier punto de la costa colombiana, tanto sobre el mar Caribe como en el océano Pacífico, OLAS aporta información sobre la dirección del flujo medio de energía, la altura de ola Hs. 12, el transporte potencial de sedimentos y los estados morfodinámicos del tramo de costa. Para el caso del análisis espectral del oleaje se tomaron los datos de sensores de presión ubicados en sectores *offshore*, seleccionados del Cayo considerando la energía del oleaje. Estos sensores fueron fondeados a una profundidad entre 1,5 y 2 metros por un periodo de seis horas con el propósito de conocer el estado del oleaje vigente para el tiempo de recolección de los datos cada segundo.

1. METODOLOGÍA

Se seleccionaron las coordenadas más aproximadas a las obtenidas del Cayo de Serranilla. Para ese efecto se tomó N $15^{\circ} 47' 44''$ W $079^{\circ} 50' 49''$ siendo correspondientes a un punto materializado cuyas coordenadas fueron obtenidas por métodos geodésicos (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, 1999), se selecciona la orientación media del tramo de costa a analizar, sin limitar el ángulo de oleaje incidente con la intención de aprovechar los resultados que en razón de estado morfodinámico de cada playa arroja [2], se fijó una profundidad objetivo de 10 metros, tamaño medio de grano (D50) obtenido a partir de las granulometrías realizadas a muestras de arena recogidas en cada una de las playas, y por último, la introducción de una pendiente

media del perfil de playa valor obtenido de los perfiles levantados para cada playa.

Se efectuó una estimación del transporte potencial, el cual es obtenido mediante la formulación más habitual (CERC) [3] empleando los parámetros de ajuste propuestos por Schoones y Theron (1996, 1999). Se calcula el transporte potencial bruto (transporte total sin atender a su sentido a lo largo de la línea de costa) y el neto (realizando el balance del transporte por sentidos).

Se pudo obtener el estado morfodinámico de las playas para un instante determinado como una función de las características de su sedimento, de las condiciones del oleaje, y del estado previo de la playa [4]. Para definir la influencia del oleaje y del tipo del sedimento en el estado de playa, el módulo OLAS emplea el parámetro adimensional de velocidad de caída del grano [5].

Para el análisis espectral del oleaje se tomaron los datos equipos Keller DCX-16, los cuales funcionan como un sensor de presión absoluta, estos sensores fueron fondeados a una profundidad entre 1,5 y 2 metros por un periodo de seis horas con el propósito de conocer el estado del oleaje vigente para el tiempo de recolección. Una vez recolectados los datos estos son descargados a través del software con que cuenta el equipo, el cual permite visualizarlos y exportarlos en formato *.dat y/o *.txt una vez los datos fueron filtrados se cargaron en el programa MATLAB® en donde se elaboró una rutina usada para retirar la media y la tendencia polinómica y se usó la Transformada rápida de Fourier para hacer el análisis en frecuencia de los valores normalizados y por último graficar el Periodograma.

2. RESULTADOS

Inicialmente se hizo una clasificación de las playas por sectores (figura 1) teniendo en cuenta la forma de afectación del oleaje sobre cada una de estas.

2.1 Caracterización del oleaje

2.1.1 Playa Norte. El oleaje característico para esta playa predomina del NE-E (N68E) con una probabilidad de ocurrencia de 37,8%, seguido del oleaje NE (N45E) con un 25,8%, con un 17,6% de oleajes fuera del rango o calmas (figura 2). Así mismo observamos cuáles son las condiciones de Hs. 50, Hs. 01, T. 50 y T. 01 de los estados de mar del año respectivamente.

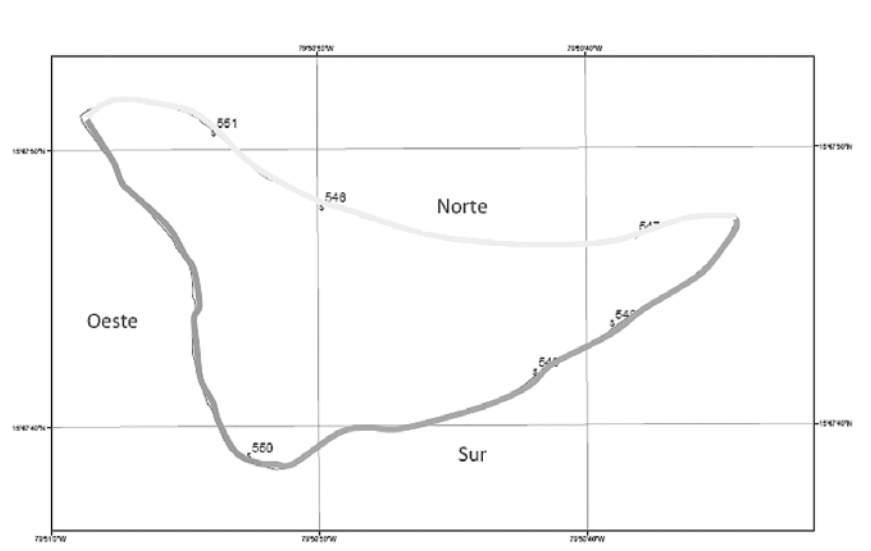


Figura 1. Clasificación de la playa por sectores. Clasificación por sectores, los números ubicados sobre cada playa indican los puntos donde se tomaron muestras de arena para elaboración de granulometría

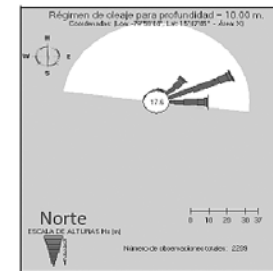
2.1.2 Playa Sur. La dirección del oleaje característico para esta playa es del E-SE (S68E) con una probabilidad de ocurrencia de 32,8%, seguido del oleaje E (90) con un 25,8%, con un 23,4% de oleajes fuera del rango o calmas. En la tabla 1 observamos las condiciones de Hs. 50, Hs. 01, T. 50 y T. 01.

2.1.3 Playa Oeste. En los resultados de esta playa vale la pena resaltar que el número de observaciones a partir de las cuales se llegaron a los resultados comparados con las dos anteriores playas es mucho menor, esto es un indicador de que estos pueden tener un margen de error mayor. Los valores arrojados para este caso son direcciones de oleaje donde predominan en un 96% los valores que se encuentran fuera de los rangos o calmas para la profundidad objetivo, sin embargo para el caso del análisis tomamos los rangos en donde predominan las direcciones NW (N45W) con una probabilidad de ocurrencia del 1,1% y W-NW (N68W) con una probabilidad del 0,6%.

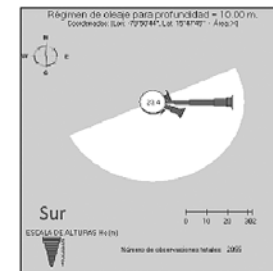
2.1.4 Condiciones energéticas. Aprovechando las condiciones de Hs_{50} , Hs_{01} , T_{50} y T_{01} arrojadas por el módulo OLAS, para la profundidad de 10 metros se calcularon los valores energéticos del oleaje incidente (tabla 1) en las direcciones que presentan probabilidad de ocurrencia superior al 15% para las playas norte y sur, mientras que

para la playa oeste se usaron los datos de las direcciones que indicaron los dos más altos valores de probabilidad.

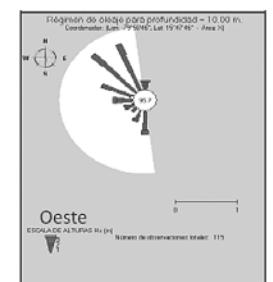
Del cálculo realizado se obtuvo que la playa en la que mayor energía de la ola es recibida es la playa sur al ser incidida por oleajes S68E, estos valores con alturas de oleaje superados solamente el 10% de las veces, mientras que en la playa oeste los valores de energía del oleaje son mucho menores. Para condiciones normales se obtuvo que la que recibe más energía por efecto del oleaje es la playa norte, esto debido principalmente a la forma del cayo y a la dirección del oleaje incidente.



Dirección	Hs. 50 (m)	T.50 (s)	Hs. 01 (m)	T.01 (s)
NE (N45E)	1.5	9	3.0	13
NE-E (N68E)	1.3	7	2.4	9



Dirección	Hs. 50 (m)	T.50 (s)	Hs. 01 (m)	T.01 (s)
E (90)	1.3	6	2.7	9
E-SE (S68E)	1.5	9	3.2	13



Dirección	Hs. 50 (m)	T.50 (s)	Hs. 01 (m)	T.01 (s)
NW (N45W)	1.1	7	1.9	9
NW-N (N23W)	1.0	5	1.7	7

Figura 2. Régimen de oleaje por playas profundidad objetivo. Direcciones predominantes del oleaje en las playas arrojado por el módulo OLAS. Dirección de la playa dada por la semicircunferencia blanca, alturas significantes de acuerdo a los tonos de gris; el valor en el círculo blanco nos indica la probabilidad de oleajes fuera del rango o calmas

TABLA I
CONDICIONES DE OLEAJE

PLAYA	DIR.	PROB	H	T	f	d	d/Lo	Cg	Co	Lo (m)	L (m)	Ê (Julios)
			(m)	(seg)	(Hz)	(m)	(m/seg)	(m/seg)				
NORTE	N45E	50%	1,5	9	0,11	10	0,08	12,04	14,04	126,34	85,69	2830,67
		1%	3	13	0,08	10	0,04	9,90	20,28	263,59	128,69	11322,68
	N68E	50%	1,3	7	0,14	10	0,13	8,47	10,92	76,43	62,85	2126,15
		1%	2,4	9	0,11	10	0,08	12,04	14,04	126,34	85,69	7246,51
SUR	90	50%	1,3	6	0,17	10	0,18	6,62	9,36	56,15	50,45	2126,15
		1%	2,7	9	0,11	10	0,08	12,04	14,04	126,34	85,69	9171,37
	S68E	50%	1,5	9	0,11	10	0,08	12,04	14,04	126,34	85,69	2830,67
		1%	3,2	13	0,08	10	0,04	9,90	20,28	263,59	128,69	12882,69
OESTE	N68W	50%	1,1	8	0,13	10	0,10	10,28	12,48	99,82	74,54	1522,27
		1%	1,6	9	0,11	10	0,08	12,04	14,04	126,34	85,69	3220,67
	N45W	50%	0,8	5	0,20	10	0,26	4,81	7,80	38,99	37,47	805,17
		1%	1,8	8	0,13	10	0,10	10,28	12,48	99,82	74,54	4076,16

2.2 Análisis espectral

Este análisis se obtiene a partir del procesamiento de los datos de presión (figura 3) que se midieron por un lapso de seis horas; esta relativamente corta duración de la toma de datos se debió a la disponibilidad de tiempo en el Cayo de Serranilla. Teniendo en cuenta lo anterior se estableció que dentro de este margen de tiempo nos interesaría conocer cómo era el oleaje que se pudiera reproducir para ese periodo de tiempo de observación.

Se pudo observar del análisis de los periodogramas (figura 4) que predominan las ondas de gravedad principalmente dada la concentración de los periodos en el rango hasta los 20 segundos, en la playa norte con periodos de pico de 6,7 seg y la playa sur de 7,7 seg, este espectro de ondas es particularmente generado por el viento y se caracterizan por ser las más energéticas, por lo tanto, su efecto sobre los procesos costeros es fundamental.

De esa misma forma se encontró que se manifiestan ondas infragravatorias, las cuales se caracterizan por tener un periodo entre 60 segundos y 3 minutos, aproximadamente, con una altura del orden de 10^{-1} m, rara vez del orden del metro. Si bien en mar abierto las ondas largas carecen de relevancia, estas ondas cobran importancia en

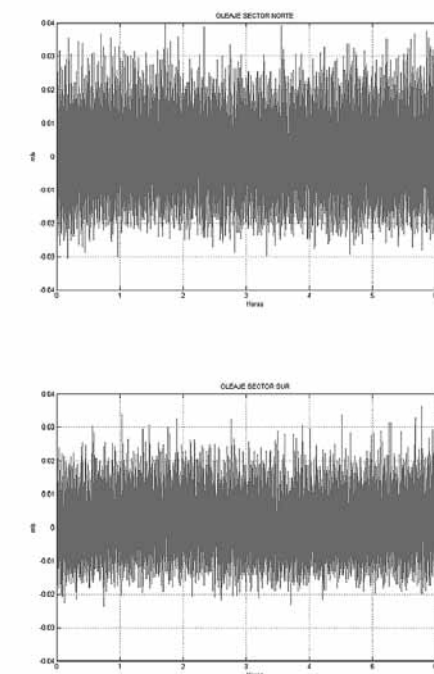


Figura 3. Series de oleaje. Registro de presión reflejados en la playa norte y playa sur, una vez sustraída la marea y el nivel medio

zonas costeras donde su amplitud aumenta debido a la influencia del fondo y de los contornos [6]. Para las ondas largas encontramos periodos de pico para los sectores norte y sur de 65 seg y 95 seg respectivamente.

El origen de estas oscilaciones se da en la modulación del oleaje de viento en paquetes de olas grandes y olas pequeñas producidas por la propagación del mismo en la plataforma continental. Toma importancia en este estudio dado que en las playas la rotura del oleaje libera ondas largas atrapadas en grupos y la suave pendiente del talud amplifica la magnitud de estas, llegando a superar el metro en condiciones de temporal [7].

Durante el periodo de medición con sensor de presión de fondo las principales ondas afectantes son las de tipo gravitatoria e infragravatorias presentando periodos de pico más altos en el sector sur, principalmente ocasionado por la dirección del oleaje predominante.

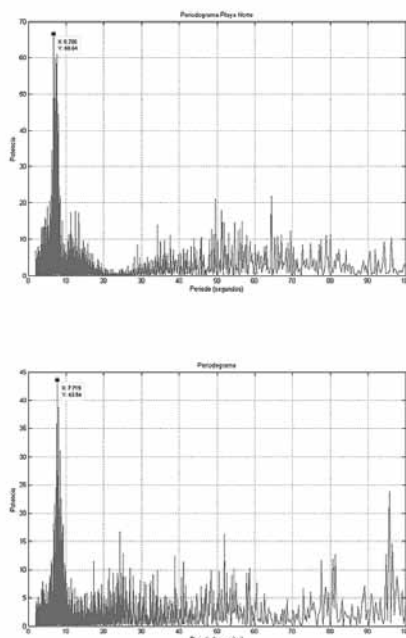


Figura 4. Periodograma de series de oleaje de zona norte (superior) y zona sur (inferior) obtenidos a través del análisis de Fourier, observamos que se manifiestan con más energía las olas de gravedad (principal fuerza generadora viento)

3. CONCLUSIONES

Se encontró que durante el periodo de medición con sensor de presión de fondo las principales ondas afectantes son las de tipo gravitatoria e infragravitatorias.

La playa que recibe mayor energía es la playa sur, seguida de la norte. El oleaje característico para la playa norte predomina del NE-E (N68E) para la playa sur es del E-SE (S68E) y en la oeste el número de observaciones a partir de las cuales se llegaron a los resultados comparados con las dos anteriores playas es mucho menor; con relación al parámetro adimensional de caída del grano ambas son playas intermedias, valiendo la pena resaltar que la playa norte tiende a ser disipativa por el gradiente de su perfil indicándonos que el oleaje pierde energía a mayor distancia de la costa, mientras que la playa oeste se caracteriza por ser de tipo reflejante recibiendo el efecto del oleaje más cerca de la línea de costa.

Vale la pena aclarar que existe un algoritmo desarrollado para corregir los valores de la altura significativa y periodo del oleaje, se conoce de su aplicación pero para el caso de esta investigación no fue utilizado a razón de la rigidez del programa Olas.

El mayor transporte potencial de sedimentos se presenta en la playa sur, seguido de la playa norte, y la oeste. Únicamente en el caso de la playa oeste se presenta un cambio en la dirección del transporte de sedimentos entre los meses de abril a junio y de julio a septiembre debido posiblemente a la baja intensidad de los vientos que para esta época predominan, mientras que para las playas norte y sur la dirección del transporte de sedimentos es siempre la misma.

REFERENCIAS

- [1] Medina Villaverde, J. M. (2009). Apuntes de Oleaje e Ingeniería de Costas. Madrid: Universidad Europea de Madrid.
- [2] Dirección General Marítima (s.f.). Manual de Operación OLAS. Régimen de Oleaje para las Aguas Jurisdiccionales Colombianas. Bogotá D.C. DIMAR.
- [3] Coastal Engineering Research Center. Engineering and Design - Coastal Engineering Manual, Parte III 1998. (Capítulo 2: Longshore Sediment Transport, 3: Cross-shore Sediment Transport Processes); Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers (Nº EC 1110-2-292).
- [4] Vidal César. Modelos de morfodinámica de playas. Ingeniería del agua, 1995. Vol. 2, 2, p. 55-74.
- [5] Dean R. Euristic models of sand transport in the surf zone. Engineering dynamics in the surf zone, 1973. p. 208-214.
- [6] Díaz Hernández G. Análisis de resonancia portuaria: generación, transitoriedad, no linealidad y acoplamiento geométrico. 2006. Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria. Cadiz.
- [7] Medina Raúl y Méndez Fernando. Inundación costera originada por la dinámica marina. G.I.O.C. Universidad de Cantabria. 2006. Cádiz, En: IT No. 74. p. 70.