



## Estudio del Oleaje Generado por el Huracán Joan en la Costa Caribe Colombiana en 1988, Incluyendo a la Isla Andrés

Juan Carlos Ortiz Royero<sup>1</sup>, Fernando López Martínez<sup>2</sup>, Ernesto Díaz Estrada<sup>3</sup>, Luis Felipe Bacca Arango<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física. Universidad del Norte

<sup>2</sup>Corporación Universitaria Rafael Núñez

<sup>3</sup>Corporación Universitaria de la Costa

<sup>4</sup>Universidad Tecnológica de Bolívar

Recibido 22 de Oct. 2007; Aceptado 16 de Jun. 2008; Publicado en línea 25 de Jul. 2008

### Resumen

Se realizó la simulación del huracán JOAN, que alcanzó la categoría cuatro (en Centroamérica) y que pasó muy cerca de la costa Caribe Colombiana en el mes de octubre del año 1988. Se utilizaron dos modelos de simulación: HURWIN para simular el campo de vientos del huracán y el modelo SWAN para simular el oleaje producido, ambos modelos fueron validados, simulando el huracán OPAL (Golfo de México, 1995). Se simularon 36 horas de propagación, con un paso de tiempo de 1,5 horas y un tamaño de celda de  $0,06667^\circ$ . Se distribuyeron boyas virtuales a lo largo de la Costa Caribe, incluyendo a San Andrés Isla, para evaluar las características del oleaje producido en aguas profundas.

**Palabras claves:** Huracanes, oleaje extremo, SWAN, HURWIN

### Abstract

The simulation of the hurricane JOAN was done, this hurricane reach the category four (in Centroamerica) and was very near the Colombian Caribbean coast in October of 1988. Two models were utilized for the simulations: HURWIN to simulate the wind field and SWAN for simulate the waves produced, both models were validated simulating the hurricane OPAL (Gulf of Mexico, 1995). 36 hours of propagation were simulated, with a time step 1,5 hours and a cell size of  $0.66667^\circ$ . Virtual buoys to the long of the Caribbean Coast, including San Andrés Island, were distributed to evaluate the characteristics of the waves produced in deep water.

**Key Words:** Hurricanes, extreme waves, SWAN, HURWIN

© 2008 Revista Colombiana de Física. Todos los derechos reservados.

### 1. Introducción

En el Atlántico, Caribe y en el Golfo de México, la temporada de huracanes comienza el 1 de junio y se extiende hasta el 30 de noviembre. Los huracanes que afectan la costa Caribe Colombiana se forman en la costa Este Africana y se desplazan hacia el oeste-noroeste pasando por las Antillas menores y mayores.

Dependiendo de la intensidad del huracán y las condiciones climáticas, puede llegar hasta los estados costeros del Atlántico y el Golfo de México. La posición del huracán y el grado de desarrollo que tenga en su recorrido, definen la influencia o efectos en el estado del tiempo, de tal manera

que las condiciones meteorológicas y marítimas se deterioran.

Los estudios de huracanes, en Colombia se hacen cada vez más necesarios debido a la gran cantidad de actividades marinas desarrolladas en las zonas costeras que pueden sufrir grandes pérdidas, en caso de presentarse un evento de tales características. La implementación de dos modelos numéricos de dominio público que son adaptables a las condiciones computacionales de la región: HURWIN [1] (HURricane WINd model) y SWAN [2] (Simulating WAVes Nearshore), fueron utilizados en esta investigación.

Dado que el Caribe Colombiano no está exento de ser impactado por fenómenos de este tipo como la historia lo

indica (i.e Bret 1993 y Joan 1988), se estudiaron las respuestas de estos dos modelos para brindar una fuente de información válida para la creación de técnicas de pronóstico de huracanes y de oleaje en la costa Caribe Colombiana. Los resultados obtenidos a través de los modelos HURWIN y SWAN, utilizados en este trabajo, permitieron establecer un estimado de las variables físicas que caracterizan el paso de un evento de esta naturaleza en aguas profundas. El campo de vientos, la altura significativa, el período pico y dirección fueron algunos de los parámetros físicos medidos.

### 2. Métodos

El objetivo central de este trabajo es simular las condiciones del oleaje generado en aguas profundas del huracán Joan en 1988, a su paso por el Caribe Colombiano. Ya que no existen datos experimentales para validar los resultados del modelo SWAN con los vientos de HURWIN, se hizo la validación del huracán Opal en el Golfo de México en 1995. La batimetría usada fue tomada de la base de datos ETOPO 5

HURWIN es un módulo de modelamiento de ondas espectrales del sistema de modelamiento de costas (CMS, Coastal Modeling System) y calcula la tensión de la superficie, la velocidad y dirección de los vientos en la capa de frontera planetaria de un ciclón tropical. La información de los vientos es calculada a partir de parámetros meteorológicos de tormentas disponibles de huracanes históricos y suministrados para un huracán de categoría específica, tal como UNYSIS [3]. SWAN es un modelo de tercera generación de propagación de oleaje, desarrollado en la Universidad de Delft en los países bajos.

### 3. Resultados

El huracán OPAL a su paso por el Golfo de México en 1995 fue utilizado para la validación de los modelos, comparando los parámetros de oleaje entre SWAN y las boyas oceanográficas [4] de la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera de los Estados Unidos (NOAA por sus siglas en inglés). La fig. 1 y 2 muestran la altura significativa generada por el modelo SWAN y la medida por la boya No.42003. El análisis estadístico se hizo de acuerdo al índice y la tendencia de Wilmott de acuerdo a Willoughby [5]. El primero es del orden de 0,98 y la tendencia es del orden del - 18 %. Estos resultados establecen que la correlación entre los datos es cercana a uno, sin embargo los datos de SWAN están subestimados un 18%.

La fig. 3 muestran la trayectoria de JOAN y la Fig. 4 los contornos de altura significativa generado por el modelo SWAN en el momento que cruzaba la costa Caribe Colombiana.

Boyas virtuales (triángulos en la Fig. 2) escogidas a lo largo de la Costa Caribe Colombiana, permitieron que el modelo mostrara en los resultados las características del oleaje generado en aguas profundas frente a las zonas de mayor

importancia.. La tabla 1 el oleaje simulado por SWAN cada una de las ubicaciones señaladas en la malla computacional.

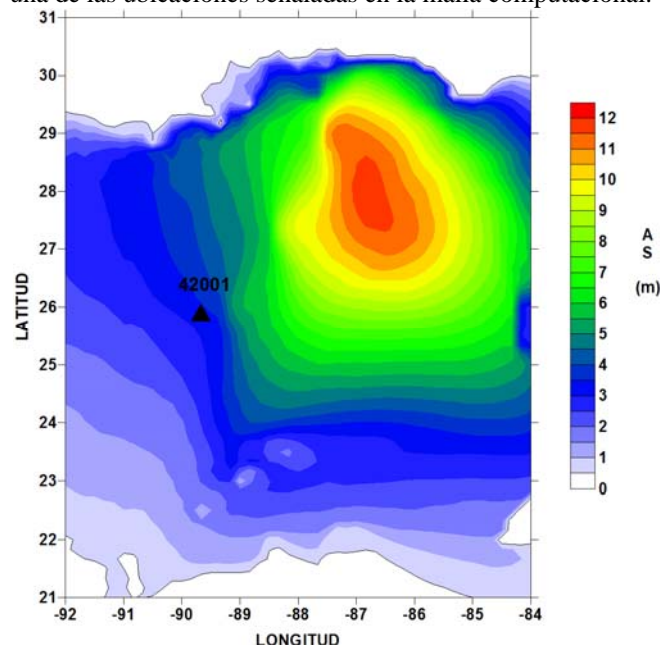


Fig.1 Campo de oleaje generado por SWAN del huracán OPAL.

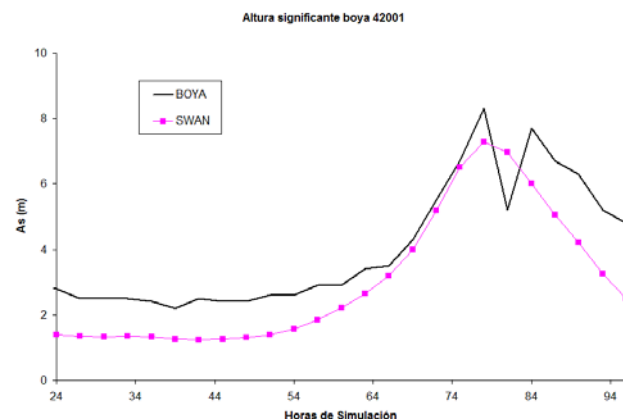
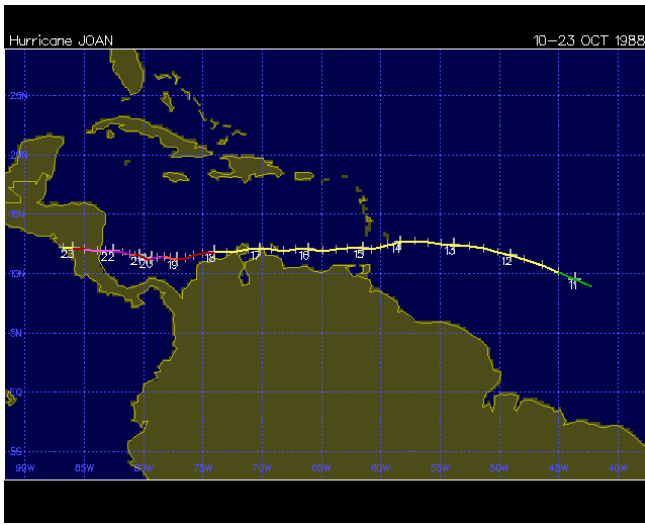


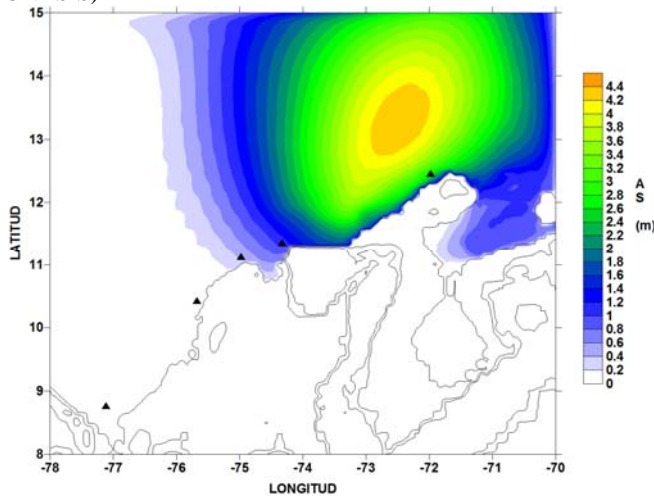
Fig.2 Comparación entre las altura significativa de acuerdo al modelo SWAN y la boya 42003

Tabla No.1 Parámetros calculados en cada una de las boyas virtuales.

Ubicación	Altura significativa máxima (m)	Periodo Pico (segundos)	Dirección media (grados)
Guajira	3.2	8.0	213
Santa Marta	2.5	8.1	244
Barranquilla	2.4	9.0	237
Cartagena	1.7	9.0	270
Golfo Urabá	1.8	9.8	255
San Andrés	12.5	13.2	155



**Fig.3** Trayectoria del ojo del huracán JOAN 1988 (Imagen de UNISYS)



**Fig.4** Campo de oleaje generado por SWAN del huracán JOAN.

### Conclusiones

El huracán JOAN durante su paso por la Costa Caribe Colombiana fue una tormenta tropical con vientos máximos de 80 Km/h aproximadamente. Generó olas significativas, cercanas al ojo, de 5 metros de altura. La zona de la costa más expuesta fue la Guajira donde olas de 3,2 metros en aguas profundas fueron calculadas entrando con una dirección de 213°. La situación cercana a la Isla de San Andrés es diferente, JOAN en esa zona se había convertido en categoría 4 con vientos de aproximadamente 220 km/h y generó olas del orden de 12 metros de altura. Estos resultados son coherentes con los estudios de la NOAA que ubican a San Andrés en una zona de alto riesgo frente al impacto de huracanes.

La propagación del oleaje generado en aguas profundas hacia la línea de costa puede variar de acuerdo a diversos factores entre los que se cuentan la batimetría y las corrientes, sin embargo en esta investigación no se hizo la propagación hasta la línea de costa del oleaje generado.

Este trabajo se presenta como un punto de referencia importante para el estudio de tormentas y huracanes en la Costa Atlántica, donde el diseño de planes de mitigación y alerta contra tormentas se hace necesario dado el aumento de los mismos en los últimos años.

### Referencias

- [1] US ARMY waterways experiment station. Coastal Engineering Research Center. HURWIN: Tropical storm planetary boundary layer wind model. [Informe Final]: may 1992.
- [2] Booij N, Holthuijsen LH. Propagation of ocean waves in discrete spectral wave models. *Journal of Computational Physics*. 1987;68:307-326.
- [3] Unisys Weather Tropical Data Department [Online]. 2007 feb 1 [Citada 2006 feb 15]. Disponible en: <http://weather.unisys.com/hurricane/atlantic/index.html>.
- [4] National Oceanic and Atmospheric Administration. National Data Buoy Center [Online]. 2006 dic [Citada 2006 mar 15]. Disponible en: <http://www.ndbc.noaa.gov/>.
- [5] Willoughby HE. Parametric representation of the primary vortex. Part I: observations and evaluation of the Holland (1980) model. *Monthly Weather Review*. 2004;3033-3048.