

Estudio probabilístico de ciclones tropicales para el diseño de obras marítimas. Aplicación a las obras de acceso de la autopista Cebu-Cordova, Filipinas

Espejo A^a., Ramirez M. ^a, Losada, I.J. ^a

^a Instituto de Hidráulica Ambiental, Universidad de Cantabria - Avda. Isabel Torres, 15, Parque Científico y Tecnológico de Cantabria, 39011, Santander, España espejoa@unican.es

RESUMEN

Los ciclones tropicales (CTs) pueden generar vientos, oleajes, lluvias y mareas meteorológicas extremas que definen las condiciones de diseño de las obras marítimas y comprometen la estabilidad de las mismas en zonas tropicales. En comparación con otros proyectos de ingeniería costera localizados en latitudes medias y altas, las zonas tropicales presentan dos aspectos que complican sustancialmente la metodología a seguir. Por un lado, los CTs son fenómenos extremos con una tasa de ocurrencia muy baja, especialmente los más intensos, por lo que frecuentemente no existen suficientes eventos en el registro histórico que permitan calcular el régimen extremal de las variables de diseño con una baja incertidumbre. Por otro lado, las dinámicas inducidas por este tipo de fenómenos, fundamentalmente viento, marea meteorológica y oleaje, varían en un amplio rango de escalas espaciales y temporales, siendo necesario resolver desde la escala sinóptica del CT hasta los elementos de detalle que condicionan la propagación del oleaje y marea meteorológica hasta el área de estudio.

Para una obra marítima, la determinación de las dinámicas inducidas por los CTs será significativa y prácticamente útil sólo cuando se asocie a una determinada probabilidad de ocurrencia o periodo de retorno. Para solventar el problema de la corta duración de los registros se suelen emplear métodos estadísticos que, basados en la información histórica disponible (“best track data”), son capaces de generar un gran número de eventos sintéticos que completan la casuística de trazas, velocidades de translación e intensidades posibles (Vickery et al., 2000; Emanuel et al., 2006; Nakajo et al., 2016). En este trabajo se ha usado el modelo paramétrico modificado de Holland, 1980 para obtener los campos de viento y presión a nivel de superficie. Estos han sido empleados como forzamientos del modelo acoplado ADCIRC+SWAN (Dietrich et al., 2012) que, al trabajar con mallas no estructuradas, permite resolver en grandes dominios las ecuaciones de aguas someras promediadas en vertical junto a la ecuación de acción de onda simultáneamente (ver Figura 1).

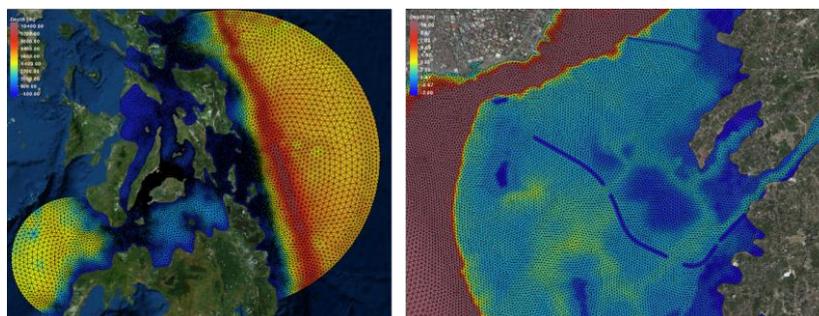


Fig 1. (Izquierda) Dominio computacional y batimetría usada en las simulaciones (derecha) zoom sobre el sitio del proyecto. Profundidades en metros respecto al NMM.

Sin embargo, las simulaciones acopladas de olas, niveles y corrientes son altamente costosas, lo que unido al alto número de CTs sintéticos imposibilitan la simulación de todos y cada uno de los eventos generados. Con el objetivo de reducir el coste computacional, se ha desarrollado una técnica de selección óptima basada en K-medias (Hastie et al., 2001) que es capaz de explorar una población de CTs y elegir los más representativos para simularlos dinámicamente. La selección óptima permite construir una superficie de respuesta para cada variable de interés para, posteriormente y haciendo uso de las funciones de base radial (RBF, Franke, 1982) para interpolación en espacios multidimensionales, inferir la respuesta de aquellos eventos que no han sido simulados.

Mediante la metodología propuesta se han conseguido caracterizar eficientemente más de 2500 años de actividad ciclónica al sur de la isla de Mactan, lo que equivale a más de 1000 tifones (vientos sostenidos de más de 118 Km/h) a partir de los cuales se han ajustado los regímenes extremales de altura de ola, periodos, marea meteorológica y velocidad del viento (ver Figura 2).

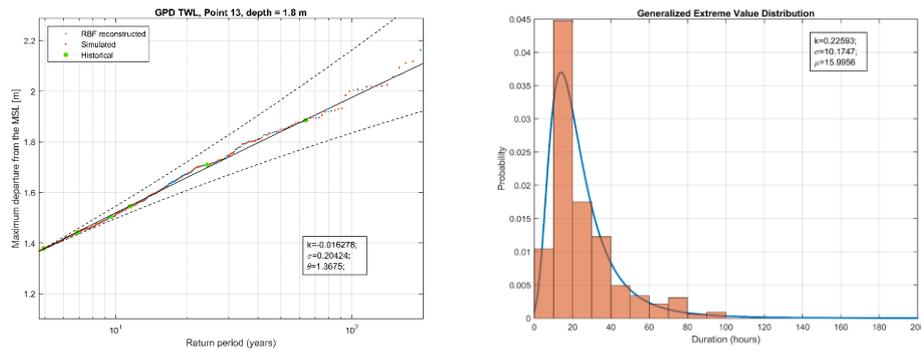


Fig 2. Función generalizada de Pareto ajustada a la marea meteorológica obtenida en un punto objetivo (izquierda) y régimen de duraciones ajustado a una función general de extremos (derecha).

REFERENCIAS

- Dietrich, J. C., Tanaka, S., Westerink, J. J., Dawson, C. N., Luetich Jr., R. A., Zijlema, M., Holthuijsen, L. H., Smith, J. M., Westerink, L. G., and Westerink, H. J (2012), Performance of the unstructured-mesh, SWAN+ADCIRC model in computing hurricane waves and surge, *J. Sci. Comput.*, 52, 468–497, 2012
- Emanuel, K., Ravela, S., Vivant, E. & Risi, C., 2006: A Statistical deterministic approach to hurricane risk assessment. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 87,299-314.
- Franke, R. (1982), Scattered data interpolation: test of some methods *Mathematical Comparative*, 38, pp. 181-200.
- Hastie T., R. Tibshirani, J. Friedman (2001), *The Elements of Statistical Learning*, Springer, New York.
- Holland, G. J., J. I. Belanger, and A. Fritz, 2010: A revised model for radial profiles of hurricane winds. *Mon. Wea. Rev.*, 138, 4393–4401, doi:10.1175/2010MWR3317.1
- Holland, G., 1980: Analytic model of the wind and pressure profiles in hurricanes. *Mon. Wea. Rev.*, 108, 1212–1218.
- Nakajo, S., N. Mori, T. Yasuda, and H. Mase, 2014: Global Stochastic Tropical Cyclone Model Based on Principal Component Analysis and Cluster Analysis. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 53, 1547–1577. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JAMC-D-13-08.1>
- Vickery, P. J., P. F. Skerjil, and L. A. Twisdale, 2000: Simulation of hurricane risk in the U.S. using empirical track model. *J. Struct. Eng.*, 126, 1222–1237.