

INFLUENCIA DE LA POROSIDAD DEL MANTO DE BLOQUES CÚBICOS EN SU ESTABILIDAD HIDRÁULICA

J.R. Medina¹, J. Molines¹, M.E. Gómez-Martín²

¹Universitat Politècnica de València, Camino de Vera, 14, 46022 Valencia, jrmedina@upv.es, jormollo@upv.es

²Universidad de Alicante, Carretera San Vicent del Raspeig s/n, 03690 Alicante, esther.gomez@ua.es

INTRODUCCIÓN

El coste de construcción de un dique en talud depende de diversos factores logísticos y de diseño; entre ellos, pueden destacarse el tipo de material (hormigón en masa, arenisca, etc.), geometría (escollera, cubo, Tetrapod, etc.) y peso de los elementos del manto, los equipos y sistemas de encofrado, acopio y colocación de piezas, etc. Este estudio se centra en la porosidad del manto principal que influye de manera significativa en el comportamiento hidráulico del dique (estabilidad, caudales de rebase, etc.), en la logística de la obra y en el resultado económico de la obra.

Cuando se comparan diferentes tipos de piezas de hormigón para el manto principal de un dique, suele utilizarse la fórmula de Hudson generalizada $N_s = H_s / (\Delta D_n) = (K_D \cot \alpha)^{1/3}$, donde N_s es el número de estabilidad, H_s es la altura de ola significativa, Δ es la densidad relativa sumergida y $D_n = (W/\rho_r)^{1/3}$ el lado del cubo equivalente de la pieza, $\cot \alpha$ es el talud del manto y K_D es el coeficiente de estabilidad. K_D depende de la geometría de la pieza, del número de capas del manto (monocapa o bicapa) y de su colocación (aleatoria, uniforme, trabada, etc.). Si K_D es mayor, la pieza mínima necesaria es más pequeña y con ello se tiende a reducir el consumo de hormigón, la capacidad exigible a los equipos de colocación y el tamaño de la escollera de la capa de filtro. Por otro lado, el número de capas del manto y la porosidad del manto (p%) son los factores que más influyen en el consumo de hormigón y, como se justifica en este estudio, la porosidad del manto principal de bloques cúbicos bicapa con colocación aleatoria tiene un efecto relevante sobre su estabilidad hidráulica.

La literatura científica señala una influencia significativa de la porosidad del manto en su estabilidad hidráulica, para tipos muy variados de piezas (escollera, cubos, Tetrápodos, Dolos, etc.). Sin embargo, existen muy pocas formulaciones de estabilidad donde la porosidad del manto o la densidad de colocación de las piezas queden reflejados de manera explícita (ver Medina et al., 2014). La popularidad de las fórmulas de estabilidad que desprecian la porosidad del manto como variable explicativa, estableciendo una porosidad y un factor de capa que determinan la densidad de colocación fija, distrae la atención de la gran relevancia económica y estructural que un cambio descontrolado de la porosidad del manto puede tener. Además, durante la construcción es mucho más fácil aumentar la porosidad de proyecto que reducirla por las ventajas aparentes de carácter logístico y económico. Sin embargo, en este estudio se probará que, para el caso de los mantos bicapa de cubos convencionales, un aumento significativo de la porosidad del manto implica una reducción relevante de su capacidad resistente. Por consiguiente, es muy importante controlar la porosidad del manto en los ensayos físicos de la estabilidad hidráulica del manto principal y, sobre todo, de la porosidad del manto realmente construido.

ENSAYOS FÍSICOS DE MANTOS DE CUBOS CON DIFERENTE PROSOSIDAD

Para cuantificar la influencia de la porosidad del manto convencional de cubos sobre su estabilidad hidráulica, dentro del Proyecto de Investigación CLIOMAR (2009-2011) se realizaron ensayos físicos 2D de estabilidad hidráulica y rebase a escala 1/46 en el canal de ensayos del Laboratorio de Puertos y Costas de la Universitat Politècnica de València (UPV). Los modelos ensayados (ver Fig. 1) tenían diferentes porosidades de manto y se correspondían con el dique principal del Puerto Exterior de A Coruña en Punta Langosteira, durante la fase de construcción: núcleo, filtro de escollera, berma de pie y manto secundario de bloques cúbicos de 15t. El manto secundario (principal en este ensayo) se construyó con

modelos de cubos ligeramente cónicos, similares a los que se construyen realmente en la práctica para favorecer el desencofrado vertical de los bloques. Sobre cada modelo, se lanzaron series de oleaje irregular JONSWAP ($\gamma=3.3$) de intensidad creciente caracterizadas por el número de Iribarren $3.0 \leq I_{rp} = (1/2)/(2\pi H_s/gT_p^2)^{0.5} \leq 6.3$ (correspondiente a un peralte $0.028 > s_{op} = H_s/(gT_p^2/2\pi) > 0.006$). Se realizaron un total de 48 ensayos en 8 series con diferentes porosidades de manto y número de Iribarren: $p\% \approx 37\%$ ($I_{rp} \approx 3, 4$ y 5), $p\% \approx 41\%$ ($I_{rp} \approx 3$ y 4) y $p\% \approx 46\%$ ($I_{rp} \approx 4, 5$ and 6).

Un primer análisis de estos datos indicó claramente que el número de estabilidad (N_s) correspondiente a un nivel de daño del manto (S_e) prefijado, dependía de la porosidad del manto ($p\% = 1 - \Phi/2$) y del peralte del oleaje (s_{op}). Añadiendo los datos de los ensayos descritos por Gómez-Martín y Medina (2014) con una sección estándar de talud $H/V=1.5$, se observó coherencia de resultados. El número de estabilidad N_s resultó proporcional a $\Phi^{1.2}$, siendo $\Phi = 2(1-p\%)$, directamente proporcional al volumen de hormigón utilizado por unidad de superficie. Si la porosidad del manto acaba siendo un 10% superior a lo previsto, la estabilidad hidráulica se reduce un 9%. La Fig. 2 compara los resultados de N_s obtenidos en los modelos físicos a escala con la nueva formulación que incluye la porosidad del manto.

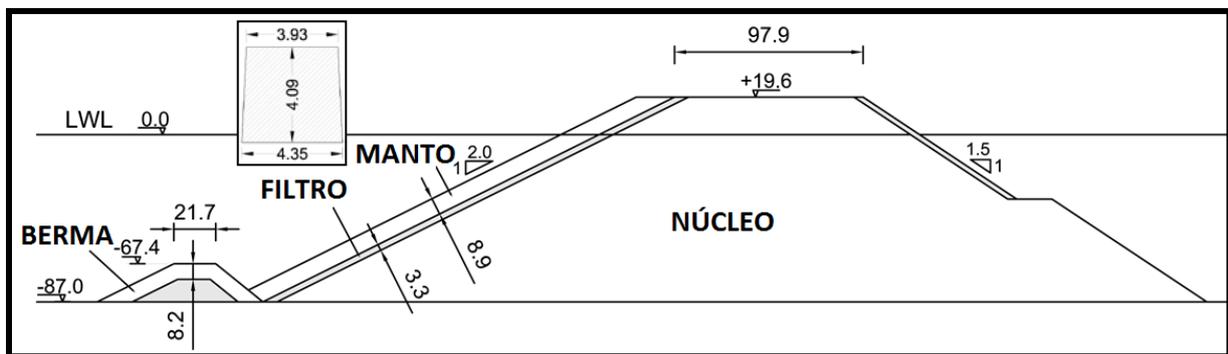


Figura 1. Sección del modelo de Punta Langosteira en construcción (dimensiones en cm).

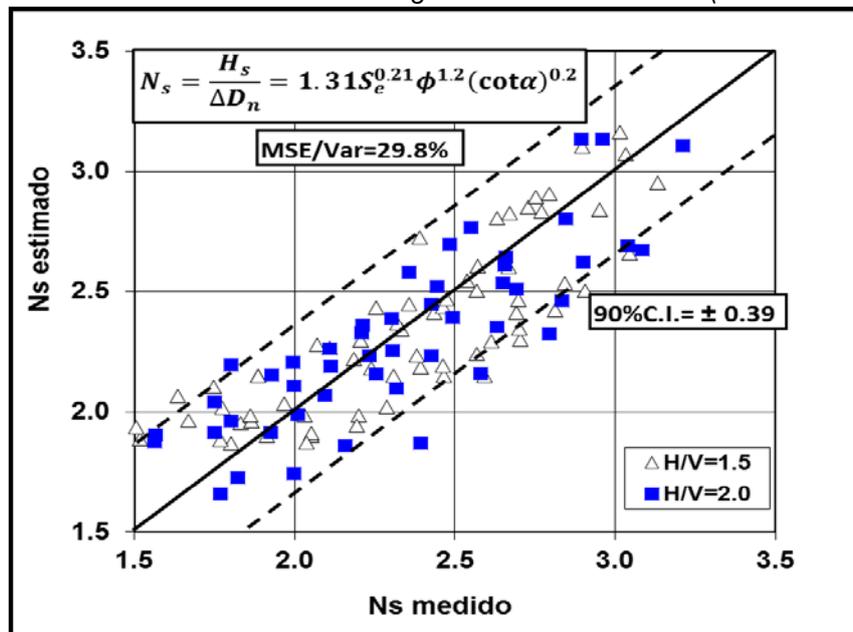


Figura 2. Comparación de los números de estabilidad observados y estimados.

REFERENCIAS

- Medina, J.R., Molines, J. and Gómez-Martín, M.E. (2014). Influence of armour porosity on the hydraulic stability of cube armour layers. *Ocean Engineering*, ELSEVIER, 88 (2014): 289-297.
- Gómez-Martín, M.E., and Medina, J.R. (2014). Heterogeneous packing and hydraulic stability of cube and Cubipod armor units. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, 140(1): 100-108.