

## FUNCIONAMIENTO DE UN DIQUE SUMERGIDO HOMOGÉNEO DE PIEZAS MODULARES

Dea Maribel Cárdenas Rojas, Edgar Gerardo Mendoza Baldwin y Rodolfo Silva Casarín

Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. Universitaria, 04510 D.F., México.  
E-mail: dcardenasr@iingen.unam.mx; rsilvac@iingen.unam.mx; emendozab@iingen.unam.mx

### Introducción

Los ecosistemas costeros proporcionan un conjunto de bienes y servicios que son indispensables para la vida humana. Entre otros, mantienen la biodiversidad y ofrecen un hábitat de gran valor, así como áreas de recreación y turismo (Van der Meulen, et al., 2004). Sin embargo, muchos de ellos han sido afectados por procesos de erosión, las cuales restan estabilidad a las playas y generan modificaciones tanto hidrodinámicas como ecológicas.

Los rompeolas sumergidos son estructuras de protección costera que pueden ser utilizados para mitigar problemas de erosión. Su funcionamiento se basa en: 1) disipar la energía por medio de la fricción, al trabajar como obstáculo frente al oleaje; 2) atenuar la altura de ola, disminuyendo la energía que llega a la playa y 3) servir como obstáculo al transporte transversal de sedimentos.

Al ser sumergidos presentan ventajas económicas y al estar coronados por debajo del nivel medio del mar, no producen impacto visual (Verduzco, Et al., 2012). Quizás una de las ventajas por la que este tipo de estructuras es cada vez más socorrida es por su capacidad de imitar a las estructuras naturales ofreciendo un sustrato rígido para ser colonizado y favorecer el desarrollo de la cadena trófica. Lo cual, aunado al funcionamiento morfológico ya descrito, los hace una opción muy interesante como solución basada en ecosistemas.

### Problemática

Existen diferentes tipos de elementos prefabricados de coraza en el mercado, sin embargo, son costosos y suelen ser poco efectivos a lo largo de su vida útil. La mayoría de estos elementos basan su eficacia en la trabazón entre piezas, lo cual es poco deseable. Se ha observado también, que algunas estructuras tienen fallas por vuelco, debido a que algunas piezas son removidas de las capas superiores de las estructuras, lo que las hace poco eficientes ante eventos climatológicos extraordinarios (Monroy, 2013). Por ello se propone en este trabajo la fabricación de estructuras con capacidad modular que funcionen por peso propio, y capaces de ser construidas con cualquier altura sin poner en riesgo la estabilidad o la aparición de esfuerzos de tensión.

### Rompeolas Sumergido Modular

El rompeolas modular sumergido está conformado por piezas como las que se muestran en la Figura 1.

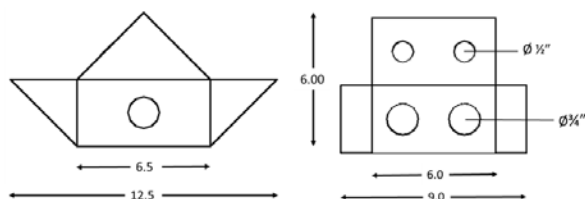


Figura 1.- Dimensiones de la pieza modular en escala de líneas 1:20.

Dichas piezas se diseñaron de manera que se puedan apilar y opongan al flujo una superficie altamente rugosa.

Adicionalmente se idearon algunas oquedades en el sentido de propagación del oleaje para favorecer anidaciones, disipar energía por turbulencia y disminuir el volumen de material.

La estabilidad y desempeño de la estructura se probó en el Laboratorio de Costas y Puertos de la UNAM vía un modelo en pequeña escala (1:20). Las dimensiones de cada pieza modular en los experimentos fueron 9.0 cm de largo, 6.5 cm de ancho en la base menor, 12.5 cm de ancho en total, 6.00 cm de alto, dividido en 3 cm la base rectangular y 3.0 cm de cresta, los orificios inferiores y superiores tienen un diámetro de  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ " de pulgada, respectivamente. La estructura completa se muestra en la Figura 2.

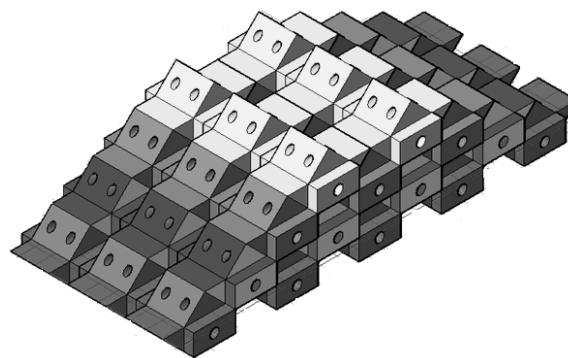


Figura 2.- Sección rompeolas sumergido.

### Alcances

En este trabajo se busca analizar la eficiencia hidráulica de un rompeolas modular sumergido para evaluar su funcionamiento como atenuador de la energía del oleaje.

Los experimentos en el canal de olas incluyeron la colocación de dos perfiles de playa a fin de evaluar su respuesta a la presencia de la estructura, la figura 3 muestra la configuración del perfil de playa con la ubicación de la estructura en Nivel Medio (NM), la figura 4 muestra las características del Perfil B, con la ubicación de la estructura a NM.

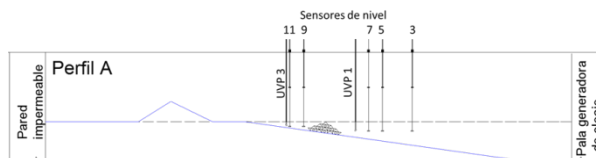


Figura 3.- Perfil A con estructura colocada a Nivel Medio (NM).

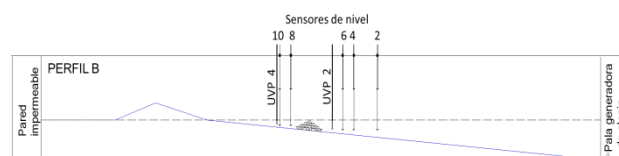


Figura 4.- Perfil B con estructura colocada a Nivel Medio (NM).

Los ensayos fueron realizados con oleaje irregular de espectro JONSWAP con  $\gamma=3.3$  y se utilizó un sistema de absorción activa en la pala generadora de oleaje. El nivel de agua quieta

fue de 0.45 m que se aumentó 0.03 m en los ensayos que representó marea de tormenta. Solo se probaron tormentas ya que se asumió que en régimen medio el perfil de playa no requiere protección.

La tabla 1 muestra la relación de ensayos que se ejecutaron.

**Tabla 1.-** Ensayos.

Posición de la estructura	H (m)	T (s)	h (m)	Duración
Sumergida al NM	0.05	0.894	0.45	45 min
	0.10	1.118	0.45	45 min
	0.10	1.118	0.48	45 min
Sumergida 15 cm	0.05	0.894	0.45	45 min
	0.10	1.118	0.45	45 min
	0.10	1.118	0.48	45 min

## Resultados

**Tabla 2.-** Coeficientes obtenidos.

Perfil	Posición de la estructura	H (m)	Kr	Kt
A	Sumergida al NM	0.05	0.48	0.16
		0.10	0.32	0.10
	Sumergida 15 cm	0.05	0.45	0.30
		0.10	0.34	0.35
B	Sumergida al NM	0.05	0.51	0.16
		0.10	0.34	0.18
	Sumergida 15 cm	0.05	0.48	0.21
		0.10	0.41	0.35

En la tabla 2 se muestra los coeficientes obtenidos en diferentes condiciones de oleaje con los dos tipos de perfil representados. El perfil A con la estructura sumergida a Nivel Medio (NM) con condiciones de altura de ola de 0.05 m se obtuvieron coeficientes de reflexión (Kr) 0.48, coeficiente de transmisión (Kt) de 0.16, mientras que para las alturas de 0.10 m se obtuvo coeficiente de reflexión de 0.32, transmisión de 0.10. Se observó que con la estructura sumergida 0.15m los valores de reflexión con alturas de 0.05m fueron de 0.45 y transmisión de 0.30, bajo condición de altura de ola de 0.10m se tuvo un coeficiente de reflexión 0.34 y transmisión de 0.18. En condiciones de tormenta se observó que la estructura en la posición de NM disipó mejor la energía que la estructura que se encontraba sumergida 15 cm.

En el Perfil B, se obtuvieron valores altos de disipación, con estructura colocada al NM, con oleaje de 0.05 m se alcanzó un coeficiente de reflexión de 0.51 y disipación de 0.16, con altura de 0.10 m el coeficiente de reflexión es 0.34 y disipación de 0.18, lo que nos indica que la energía logra ser disminuida al llegar a la costa. Con la estructura sumergida 0.15m, los coeficientes de reflexión y transmisión obtenidos con oleaje de 0.05m fueron de 0.48 y 0.21 respectivamente, mientras que para alturas de 0.10m Kr Se encontró que la estructura sumergida a 0.15 m protege más con oleaje de altura de 0.10 m y en condiciones de tormenta.

Bajo las condiciones de tormenta además de haber obtenido valores altos en disipación para ambos perfiles, se observó que la estructura no sufrió ningún tipo de daño, no se presentó deslizamiento, vuelco o piezas averiadas. Consiguiendo con ello estabilidad en el rompeolas sumergido aún bajo condiciones extremas.

Por lo tanto, se puede decir que los rompeolas con capacidad modular favorecen más la estabilidad actuando como un solo

cuerpo, además de que pueden ser tan altos como se requiera, sin tener la limitante de que fallen por tensión, o por deslizamiento. Aunado a lo anterior, la estructura cumplió eficientemente su objetivo de disipar energía, por lo tanto se puede recomendar para el uso de protección de playas,

## Referencias

- Monroy, B.J. (2013).** “Desarrollo de una nueva tipología de dique sumergido a partir de piezas homogéneas”. Instituto de Ingeniería, UNAM. México.
- Van der Meuler, et al. (2004).** “The Cost of Our Coasts: Examples of Dynamic Dune Management from Western Europe”. *Researchgate*, January 2008, pp 259-276.
- Verduzco, Z.M. et al. (2012).** “Practical estimation of wave transmission and reflection from fixed submerges structures”. *Ocean Engineering*. (45) 63-74.