

# TRANSMISIÓN DEL OLAJE EN ARRECIFES ARTIFICIALES

Jaime Roberto Ruiz, Zurvia Flores y Lucio Frago Sandoval

Profesores e Investigadores Sección de Estudios de Posgrado e Investigación  
Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional, México.  
Edificio No. 12, Lindavista 07300, México D.F., México.  
E-mail: jaruizz@ipn.mx, lfrago@ipn.mx

## Introducción

México cuenta con una gran extensión de costas que representan un importante recurso natural que puede ser aprovechado en diversos sectores productivos; por lo anterior es primordial investigar estructuras costeras que fomenten su conservación. Dentro de las estructuras empleadas, se encuentran los arrecifes artificiales que se han aplicado con gran éxito en varios países; para su implementación es fundamental establecer las consideraciones de diseño adecuadas a las condiciones de oleaje a que serán sometidas, siendo el objeto del estudio determinar los coeficientes de transmisión de oleaje como indicador de su eficiencia.

El proyecto se realizó en el Laboratorio de Ingeniería Hidráulica de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional de México, en su canal angosto con generador hidráulico de oleaje y equipo de medición de oleaje controlados por computadoras. En el canal se implementó un modelo físico reducido en el que se construyeron dos secciones de arrecifes artificiales con elementos de concreto (34.00 y 50.00 m de ancho de coronamiento, 0.50 y 1.00 m de sumergencia), apoyado en los resultados de estudios anteriores. Los ensayos se soportaron en mediciones de oleaje incidente y transmitido sobre las diferentes secciones de arrecifes; se calcularon los coeficientes de transmisión del oleaje, los que se contrastaron con formulaciones presentadas en el estado del arte.

## Objetivos

Realizar un estudio experimental en modelo físico reducido de dos secciones de arrecifes artificiales constituidos por elementos de concreto, sometiendo cada estructura a la incidencia de trenes de oleaje irregular, y calculando con los resultados los coeficientes de transmisión del oleaje para cada una de las estructuras.

## Materiales

Los ensayos se llevaron a cabo en el canal de oleaje angosto antes citado, con dimensiones de 24.50 m. de longitud, 0.90 m. de altura y 0.66 m. de ancho; el cual cuenta con un generador de oleaje regular e irregular en uno de sus extremos, cuyo control se efectúa por procedimientos electrónicos controlados por computadora y un equipo de medición de oleaje (ológrafo) y sensores de oleaje de tipo resistivo, también controlado por computadora; en el extremo contrario del canal se cuenta con un amortiguador de oleaje.

## Metodología

### Condiciones de los ensayos

- Se utilizó el espectro de Pierson – Moskowitz para generar las señales de oleaje a emplear en los ensayos.

- En cada uno de los ensayos se reprodujeron 400 olas.
- Cada estructura se somete una incidencia total de 2,000 olas.
- En todos los ensayos se midió la reflexión del oleaje sobre las dos estructuras.
- En todos los ensayos se mide el oleaje en tres puntos diferentes (al pie del generador de oleaje, frente del arrecife y en su parte posterior).

## Procedimiento de los ensayos

### Ensayos para obtener el coeficiente de reflexión.

Con el objeto de conocer el grado de reflexión del oleaje en las secciones de arrecife, y en dado caso tomarlo en cuenta en la interpretación de los resultados, se procedió a evaluarla utilizando el método de Mansard y Funke (Beresford, 1994).

### Ensayos para medir los coeficientes de transmisión de oleaje.

Estos se llevan a cabo mediante el proceso siguiente: se genera oleaje para cada uno de los ensayos, en tiempo suficiente para tener una incidencia total de 2000 olas sobre la estructura en prueba. Con base en los datos de oleaje transmitidos por los sensores de oleaje al equipo de cómputo, se calculan las alturas de ola incidente y transmitidas y con estas los coeficientes de transmisión (Hughes, 1993).

## Resultados

Con los datos aportados por los ensayos de las dos secciones de arrecifes artificiales y las fórmulas aportadas por investigadores para determinar coeficientes de transmisión del oleaje, se realizaron una serie de gráficas que se muestran a continuación:

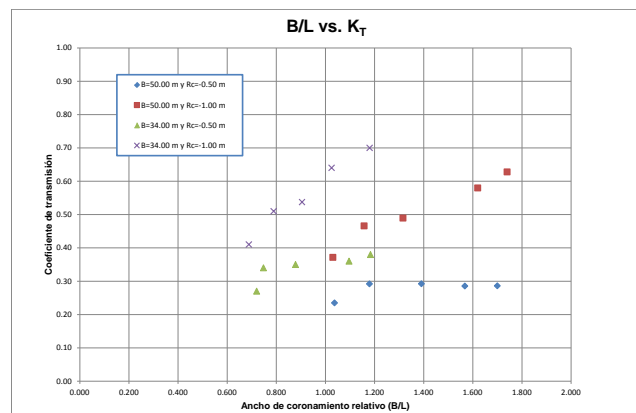


Figura 1.- Ancho de coronamiento relativo vs. Coeficiente de transmisión.

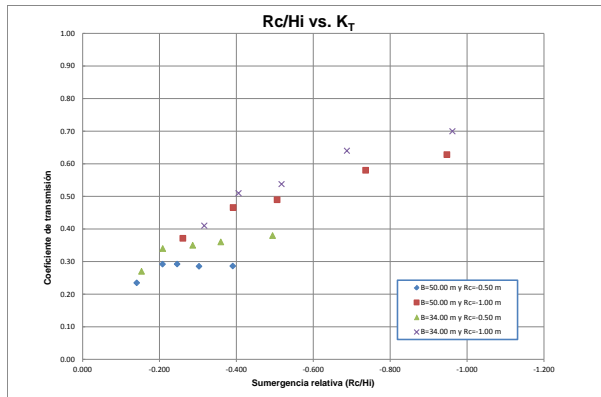


Figura 2.- Sumergencia relativa vs. Coeficiente de transmisión.

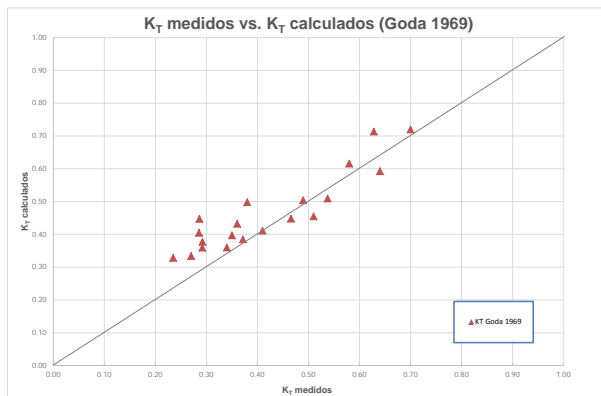


Figura 3.-  $K_T$  medidos vs  $K_T$  calculados para Goda.

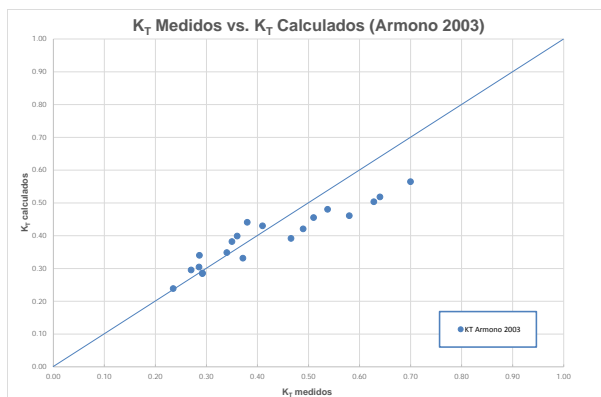


Figura 4.-  $K_T$  medidos vs  $K_T$  calculados para Armono.

## Conclusiones

Con base en las figuras podemos concluir lo siguiente:

1. Se ensayaron dos estructuras con anchos de coronamiento de 34.00 y 50.00 m, y con sumergencias de 0.50 y 1.00 m. Con base en los resultados se concluye que la estructura que disipa mayor cantidad de energía del oleaje, es la que presenta un ancho de coronamiento de 50.00 m y una sumergencia de 0.50 m, ya que sus coeficientes de transmisión se presentan en un rango de 0.23 a 0.29, siendo estos los más bajos (figuras 1 y 2).
2. En la figura 3, donde se relacionan coeficientes de transmisión medidos contra los calculados con la fórmula de Goda (1969), se aprecia una dispersión baja de los datos con relación a la recta de tendencia, siendo

los más acertados los relativos al ancho de coronamiento de 50.00 m y una sumergencia de 0.50 m.

3. En la figura 4, donde se relacionan coeficientes de transmisión medidos contra los calculados con la fórmula de Armono (2003), se aprecia una dispersión reducida de los datos con relación a la recta de tendencia, siendo los más acertados los relativos al ancho de coronamiento de 50.00 m y una sumergencia de 0.50 m.
4. Se concluye que las formulaciones que presentan una mejor tendencia en relación con los datos medidos fueron las propuestas por los autores Goda (1969, 2008) y Armono (2003), aunque también se analizaron las propuestas por d'Agremond (1996) y van der Meer (1991, 2003 y 2004).
5. Finalmente, con base en las observaciones realizadas en el estudio, se puede concluir que los parámetros que tienen mayor influencia en la disminución de la transmisión del oleaje son la sumergencia y el ancho del coronamiento de los arrecifes artificiales.

## Recomendaciones

Se pueden establecer las siguientes recomendaciones a los resultados aportados por el estudio:

1. Es conveniente continuar con los ensayos para corazas de las estructuras constituidas por elementos artificiales de concreto de otros tipos.
2. Probar anchos de coronamiento mayores, para determinar cuál puede ser el límite de magnitud en relación con la disminución de la transmisión del oleaje.
3. Evaluar nuevas profundidades de desplante de las estructuras, ya que en este estudio solo se probaron las mismas a una profundidad de 4.00 m promedio.

## Referencias

- Armono, H.D. and K.R. Hall (2003). "Wave transmission on submerged breakwaters made of hollow hemispherical shape artificial reefs". *Canadian Coastal Conference*.
- Beresford, P.J. (1994). *Wave Reflection and Transfer Function, The Theory of Data Analysis Routines, User Manual. HR Wave – Data Acquisition and Analysis Software Program*, HR Wallingford.
- D'Agremond, K et al. (1996). "Wave transmission at low-crested structures". *Coastal Engineering Conference, Orlando, Florida*, pp. 2418-2427.
- Goda, Y. (1969). "Re-analysis of laboratory data on wave transmission over breakwater", *Report Port and Harbors Resources Institute Japan, Vol. 18, No. 3*, pp. 3-18.
- Goda, Y. and J. P. Ahrens (2008). "New formulation of wave transmission over and through low-crested structures", *Proceedings 31th International Conference Coastal Engineering, Hamburg, Germany*, pp. 3530-3514.
- Hughes, S.A. (1993). *Physical Models and Techniques in Coastal Engineering*. Vol. 7, Advanced Series on Ocean Engineering, World Scientific.
- Van der Meer, J.W. and d'Agremond, K. (1991). "Wave transmission a low-crested structures". *Coastal structures and breakwaters*. Thomas Telford, London, England, pp. 25-42.
- Van der Meer, J. W. et al (2003). "Wave transmission over low-crested structures", *ASCE, Proceedings Coastal Structures, Portland, USA*, pp. 567-579.
- Van der Meer, J. W. et al (2004). "Wave transmission a low-crested structures, including oblique wave attack", *ASCE, ICCE, Lisbon, Portugal*, pp. 4152-4164.