

OBTENCIÓN DE HERRAMIENTAS DE DISEÑO DE ESPIGONES PARA PROTECCIÓN MARGINAL EN RÍOS MEDIANTE SIMULACIÓN NUMÉRICA

Marco Antonio Jiménez López¹ y Javier Aparicio²

¹Posgrado de Ingeniería, Campus UNAM-IMTA, Universidad Autónoma de México. Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos, México. C.P. 62550.

²Consultor externo en Comisión Nacional del Agua, Avenida Insurgentes Sur 2416, Copilco El Bajo, Ciudad de México. C.P. 04340
E-mail: ing.jmnz.91@gmail.com, francisco.aparicio@conagua.gob.mx

Introducción

Las corrientes naturales generalmente presentan cambios constantes en su geometría, posición, forma y ancho, los cuales son consecuencias de la acción erosiva del flujo junto con otros procesos dinámicos que experimentan los cauces. Actualmente se cuentan con medidas estructurales para el control de la erosión sobre las márgenes tales como los espigones.

El diseño de los espigones se suele hacer con metodologías sustentadas en conocimientos empíricos, por lo cual no cuenta con una norma de diseño como otras estructuras hidráulicas, por lo que el diseñador debe considerar investigar casos similares o tramos en donde se han implementado algún sistema en particular (Berezowsky and Vilchis 2000).

El avance tecnológico y el desarrollo de modelos numéricos han propiciado a la aparición de herramientas como la dinámica de fluidos computacional. Dicha herramienta en la actualidad se emplea para verificar en forma rápida distintas condiciones hidráulicas en diferentes alternativas estructurales.

Lo anterior implica que mediante el empleo de la dinámica de fluidos computacional es posible mejorar el diseño de los espigones estableciendo configuraciones óptimas para cada condición hidráulica.

Objetivo

Obtener una herramienta basada en la modelación numérica de flujos locales para el mejoramiento del diseño de los espigones para protección marginal en ríos.

Metodología

Para la realización de la presente investigación primeramente se realizó una revisión referente a la metodología de diseño de espigones comúnmente empleada en la práctica, en la cual se determinaron las variables involucradas para el diseño de los espigones.

Con las variables obtenidas con anterioridad, el siguiente paso fue realizar un análisis dimensional mediante la aplicación del Teorema π de Buckingham, en donde se determinaron 17 parámetros adimensionales.

Por la cantidad elevada de parámetros adimensionales se optó por considerar algunas recomendaciones limitando así el alcance de la investigación, por lo que se determinó que el diseño de espigones (DE) está dado por la siguiente ecuación:

$$DE \left(\frac{B \cdot hc}{y^2}, \frac{X_e^2}{L_t \cdot R}, \frac{R}{B}, Fr, \alpha, S_l \right) = 0 \quad [1]$$

Donde:

B = Ancho estable del cauce (m)

hc = Altura de la cresta del espigón (m)

y = Tirante del flujo (m)

X_e = Separación entre espigones (m)

R = Radio de curvatura del cauce (m)

L_t = Longitud de trabajo de los espigones (m)

α = Ángulo de orientación de los espigones

S_l = Pendiente longitudinal de los espigones

F_r = Número de Froude.

De acuerdo con los parámetros adimensionales de la ecuación [1] el siguiente paso consistió en proponer valores razonables a cada parámetro con el fin de limitar el alcance práctico de los resultados, quedando tal como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1.- Intervalo de valores para cada parámetro adimensional.

| Valor mínimo | Parámetro adimensional | Valor máximo |
|--------------|------------------------|--------------|
| 0.2 | F_r | 0.8 |
| 2 | $(B \cdot hc)/y^2$ | 15 |
| 4 | R/B | 20 |
| 0.3 | $X_e^2/(R \cdot L_t)$ | 2.1 |
| 60° | α | 120° |
| 0.05 | S_l | 0.25 |

Para la presente investigación se optó por emplear 3 valores de cada parámetro adimensional obteniendo así una cantidad razonable de simulaciones numéricas por realizar. Combinando todos los valores de cada parámetro adimensional se obtienen las características geométricas de cada configuración de espigones.

Obtenidos los modelos idealizados de cada configuración se procede a realizar la modelación numérica con la ayuda del modelo numérico Flow3D®.

Una vez obtenidos los resultados de cada modelación numérica se procesan los mismos. En este caso se decidió presentar los resultados con base en el parámetro

$$\frac{B \cdot hc}{y^2}$$

Resultados

Una vez ordenado los resultados se plantean escenarios de análisis con tres valores del parámetro

$$\frac{B \cdot hc}{y^2} \text{ y } Fr=0.2.$$

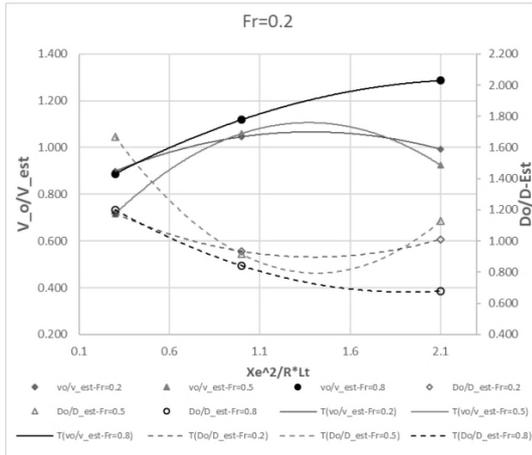


Figura 1.- Nomograma de diseño de espigones cuando $\frac{B-hc}{y^2} = 2$

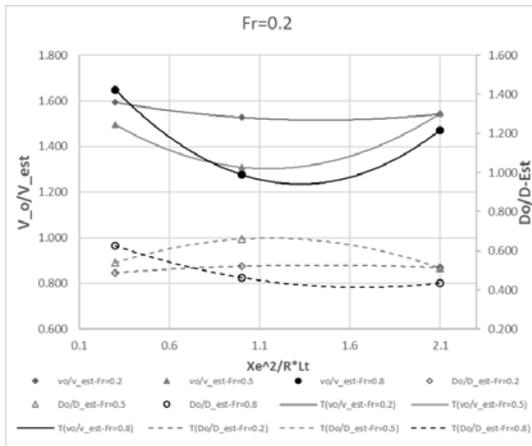


Figura 2.- Nomograma de diseño de espigones cuando $\frac{B-hc}{y^2} = 7$

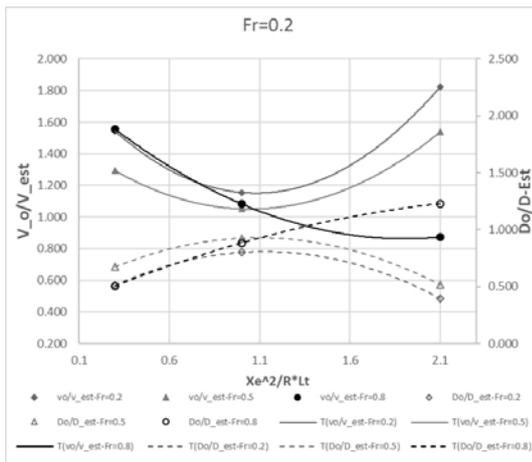


Figura 3.- Nomograma de diseño de espigones cuando $\frac{B-hc}{y^2} = 15$

Con base en los nomogramas expuestos con anterioridad es posible determinar la magnitud de la velocidad del flujo sobre la estructura, posibilitando así la determinación del diámetro medio del material necesario para la construcción de estas estructuras.

Conclusión

Con base en los resultados numéricos que se obtuvieron mediante Flow3D ® fue posible obtener una herramienta que proporciona mejoras en el diseño de los espigones, y a su vez se demuestra que el empleo de la metodología de la dinámica de fluidos computacional en la hidráulica juega un papel importante para el análisis del flujo en diferentes condiciones hidráulicas (valores de Fr) y diferentes configuraciones.

Las configuraciones analizadas en el presente trabajo aún no son suficientes para poder establecerlas como una herramienta que sea aplicable para todos los casos prácticos. Por lo tanto, será conveniente incrementar la cantidad de valores de cada parámetro adimensional.

Complementando lo anterior se tiene que los nomogramas obtenidos son útiles para emplearlas en un prediseño solamente por lo cual es importante considerar emplearla de la mano con la metodología de diseño de espigones vigente.

La metodología empleada en este trabajo constituirá una nueva forma de abordar el tema de diseño de espigones para protección marginal en ríos.

Referencias bibliográficas

Berezowsky V. M. and Vilchis Vilchis, R. (2000). Protección y control de cauces. México: Ediciones CNA-IMTA.