

ESTUDIO SOBRE PROTECCIONES AL PIE EN CAUCES FLUVIALES A PARTIR DE ENSAYOS EN MODELO FÍSICO

Sergio Loschacoff(*), José Daniel Brea(*) y Mercedes Del Blanco()**

(*) Programa Hidráulica Fluvial – Laboratorio de Hidráulica – Instituto Nacional del Agua.

(**) Pasante INA, Estudiante de Ingeniería Hidráulica de la Universidad Nacional de La Plata

Autopista Ezeiza – Cañuelas, tramo J. Newbery Km. 1,6 – (1804) Ezeiza (Bs. As) – TE: 54 11 4480 4500

E-mail: sloschac@ina.gov.ar ; dbrea@ina.gov.ar ; mechidelblanco@hotmail.com - Web: <http://www.ina.gov.ar>

RESUMEN

Se presentan resultados de ensayos en modelo físico donde se analiza el comportamiento del lecho y de la protección al pie con colchonetas rellenas de piedra como parte integrante de una protección de márgenes. Se describen los resultados de los ensayos con tres esquemas de protección al pie, dos apoyadas sobre el lecho y el tercero correspondiente a un empotramiento en el lecho.

ABSTRACT

It is shown experimental results of small scale model tests where is evaluated scour and toe protection using stone filled mattresses under current attack. The subsoil was sand and, between the sand the mattresses was used a geotextile. Are described three tests using different solutions of toe protection.

INTRODUCCIÓN

Cuando se requiere ejecutar una protección de márgenes en ríos a fin de prevenir erosiones por la acción de las corrientes, la misma estará compuesta básicamente por tres partes: anclaje superior, protección de talud y protección al pie. Para que la protección sea estable en su conjunto es necesario que cada una de las partes funcione adecuadamente.

En este trabajo se presentan estudios en modelo físico cuyo objetivo es evaluar el comportamiento de protecciones al pie, de manera que permita garantizar la estabilidad de la protección del talud ante la acción de las corrientes. En esta etapa se presentan los ensayos con colchonetas tipo Reno, Se estudiaron dos esquemas de protección sobre lecho y una empotrada en el lecho.

DESCRIPCIÓN DEL MODELO FÍSICO

En el Laboratorio de Hidráulica del INA se ejecutaron para la firma Maccafferri ensayos comparativos de diferentes protecciones de márgenes en escala de longitudes 1:10. Dichos ensayos fueron realizados en un canal de ancho 2.50 m y de longitud 30m. Se cubrieron con elementos de protección una longitud de 10m de canal Dichas protecciones fueron apoyadas sobre arena con un diámetro de aproximadamente: $D_{50} = 0.25\text{mm}$.

Empleando los mismos elementos que para los ensayos ejecutados anteriormente, se realizaron pruebas adicionales a fin de estudiar el comportamiento de la protección al pie. El

fenómeno analizado es típico de una obra fluvial por lo cual, para el modelo se consideró para el análisis de semejanza la igualdad del número de Froude en prototipo y modelo. En estos ensayos el diámetro del material fue $D_{50} = 0.35\text{mm}$.

ESQUEMAS DE PROTECCIÓN AL PIE ANALIZADOS

En obras de protección longitudinales, la protección al pie puede ejecutarse apoyándose directamente sobre el lecho, y a medida que se produce la erosión, dicha cubierta protectora se va adaptando al mismo, y para su situación final debe asegurar la estabilidad de la protección del talud.

Es de práctica muy común determinar la longitud de protección al pie igual a dos veces la profundidad de erosión. Esta práctica se basa en que la protección al pie pivotea en el quiebre entre el talud y el pie, debiendo una vez erosionado tener como máximo una pendiente de 1:2. Esta consideración práctica en realidad debe chequearse teniendo en cuenta la estabilidad de talud del conjunto dependiendo especialmente del tipo de suelo que en el que se apoya la protección.

Otra forma de efectuar una protección al pie es excavar el lecho y continuar la protección del talud hasta por lo menos la profundidad de erosión. A esta práctica se la denomina empotramiento.

Para este estudio se estimó previamente la erosión esperada para el caudal de ensayo. Así se resolvió ensayar tres esquemas de protección al pie: 1) igual a aproximadamente cuatro veces la profundidad de erosión, 2) igual a dos veces la profundidad de erosión y 3) empotramiento hasta una profundidad de erosión. En la figura N° 1 se presentan los tres esquemas ensayados. El objetivo principal de estos ensayos fue analizar el comportamiento de la protección al pie, en este caso para un caudal de $360\text{ m}^3/\text{s}$, con el tiempo suficiente como para que la erosión llegue a su punto de equilibrio.

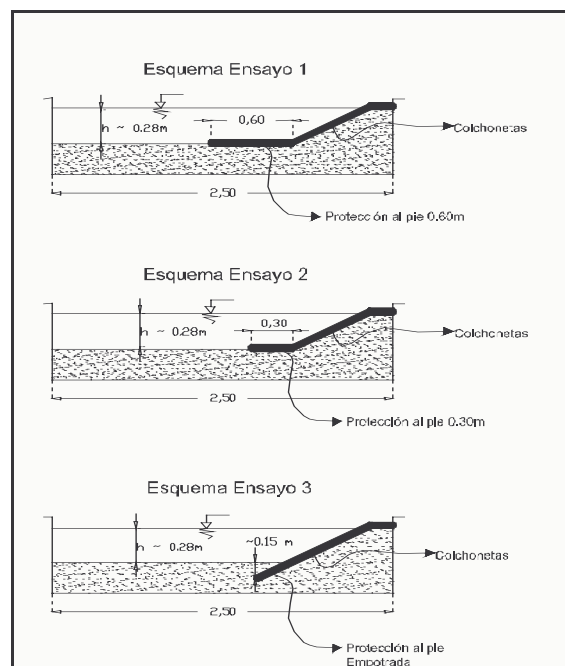


Figura 1: Esquemas de ensayo

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

En todos los ensayos se relevaron las profundidades de erosión en diferentes períodos de tiempo con el propósito de registrar el avance de la erosión en el lecho y el comportamiento de la protección en función del tiempo.

El ensayo 1, se efectuó con una longitud de protección al pie de 0.60m – modelo. En la fotografía 1, se observa el resultado luego de 11 hs. de ensayo.



Fotografía N° 1: Resultado de 11 hs. de ensayo con el esquema 1.

En la figura N° 2 se presenta el resultado del ensayo en modelo físico graficándose el comportamiento del lecho-protección para el esquema 1 en diferentes tiempos de ensayo.

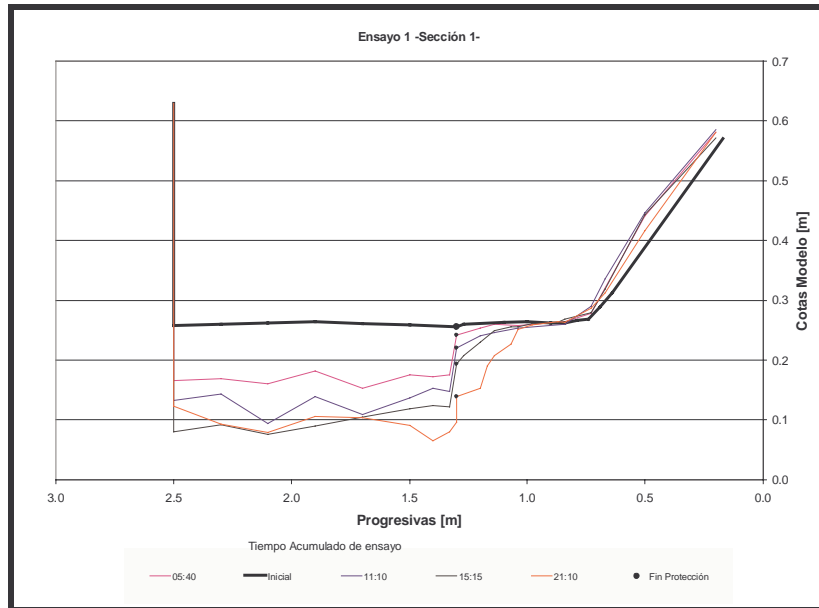


Figura N° 2: Ensayo N°1 Longitud de protección al pie 0.60m

En la figura N° 3 se presenta el comportamiento del lecho-protección del esquema 2 para diferentes tiempos de ensayo.

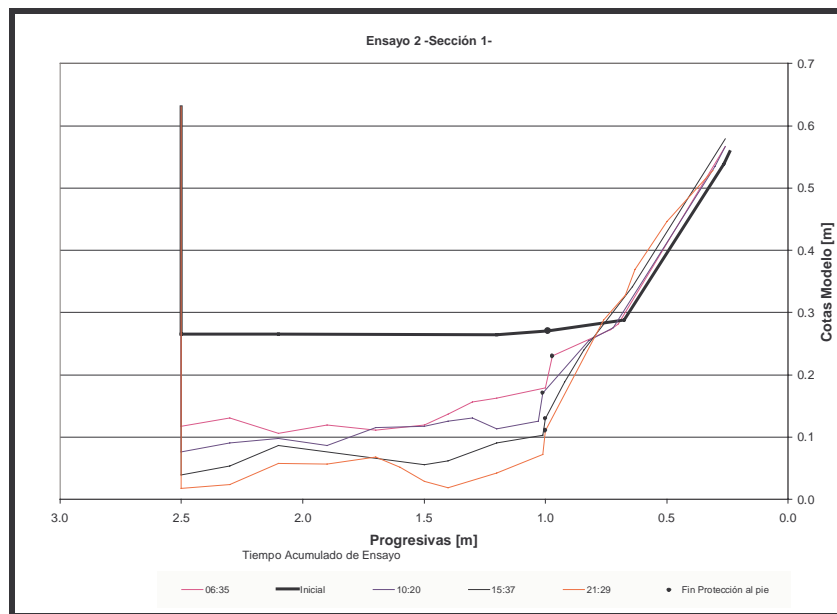


Figura N° 3: Ensayo N°2 – Longitud de protección al pie 0.30m.

En la figura N° 4 se muestra el comportamiento del lecho y protección durante el ensayo correspondiente al esquema 3 (pie empotrado) en diferentes tiempos de ensayo.

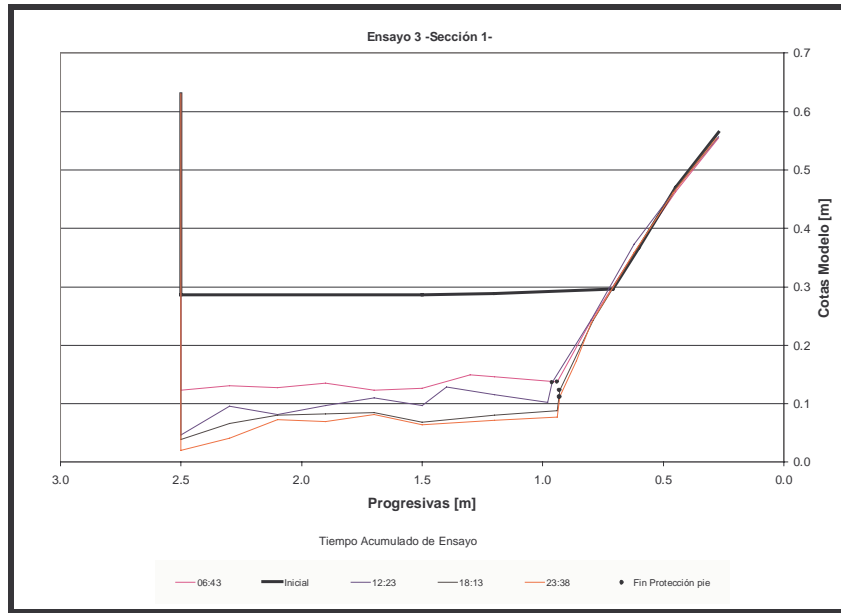


Figura N° 4: Ensayo N°3 – Pie empotrado.

Como se observa en esta variante la tasa de erosión inicial en el lecho es superior a los otros dos esquemas, pero luego se desacelera llegando a la profundidad de equilibrio próxima a las demás.

Con el propósito de poder comparar variantes, todos estos resultados fueron agrupados en un mismo gráfico considerando el tiempo máximo de ensayo para cada uno de los esquemas y se presentan en la figura 5.

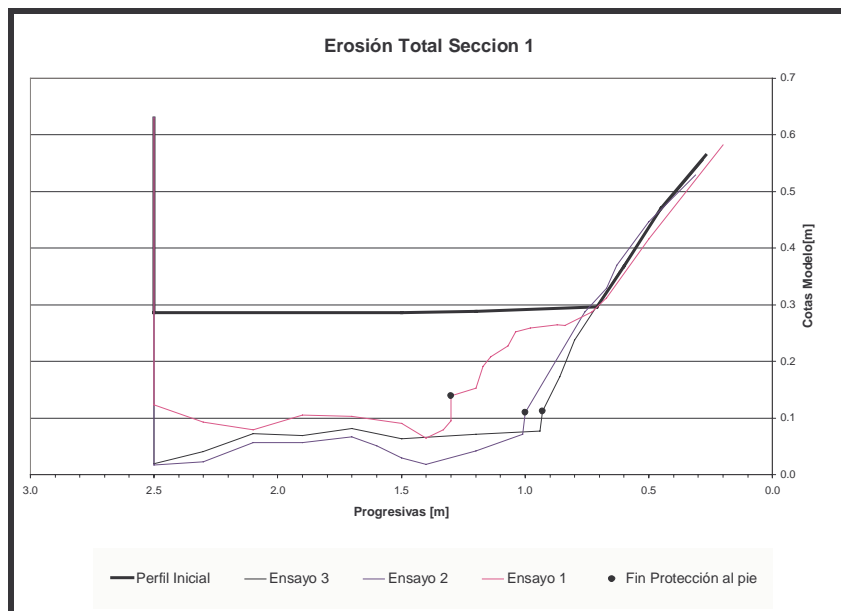


Figura 5: Gráfico comparativo del comportamiento de los tres esquemas de protección.

CONCLUSIONES

De acuerdo a un análisis preliminar de los resultados pueden mencionarse las siguientes observaciones:

- Las mayores profundidades finales de erosión no se localizaron en el punto donde finaliza la protección y comienza el lecho de arena, sino desplazado del mismo.
- Comparando los resultados se concluye que el tercer esquema de protección al pie (empotramiento), presenta una profundidad de erosión final similar a los otros esquemas, pero alcanza su profundidad de equilibrio más rápidamente.
- Si se tiene en cuenta la estabilidad geotécnica, el esquema 1 resulta ser el más seguro ya que la protección al pie no pivotea en el quiebre entre el pie y el talud sino en un tramo del pie, formándose una berma que se traduce en un incremento de la seguridad. Sin embargo esta opción es de mayor costo económico. Por lo tanto en este esquema deberá analizarse la longitud de la protección al pie desde el punto de vista seguridad de la obra-costo-beneficio.

Se agradece la colaboración durante los ensayos al Técnico Sr. Roberto López, en el área visualización a la Srta. Beatriz Moreno y en la preparación del modelo a los Sres. Nicolás Martínez y Juan Peralta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Prezedwojski, Blazejewski y Pilarczyk K.W. (1995). "River Training Techniques". Balkema, Rotterdam.

Van Rijn, L. (1993). "Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas." Acqua Publications.

INA (2001) Estudio en modelo físico del comportamiento de diferentes tipos de protecciones de márgenes frente a la acción de las corrientes. Laboratorio de Hidráulica (INA)

Perez, F. (1992) "Protección al pie de un revestimiento en colchón Reno" XV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Cartagena, Colombia.