

DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO FÍSICO, DE LA PRESA LOS MOLINOS (JUJUY)

Matías Eder; Gonzalo Moya; Gerardo Hillman; Daniel Bacchiega; Paolo Gyssel; José Manuel Díaz Lozada; Lucas Quiroga Crespo; Héctor Muratore; Mariana Pagot; Mariano Corral; Andrés Rodríguez y Carlos M. García

Laboratorio de Hidráulica y Centro de Estudios y Tecnología del Agua (CETA), Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. AvFilloy s/n, Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba, Argentina, email: matiaseder@hotmail.com.ar

Introducción

El dique de derivación Los Molinos está ubicado sobre el Río Grande, pocos kilómetros aguas arriba de la ciudad San Salvador de Jujuy y aproximadamente 1 kilómetro aguas abajo de la confluencia del Río Reyes con el Río Grande. Su principal finalidad es la derivación de un caudal máximo de $25\text{m}^3/\text{s}$ al canal Río Grande que se utiliza para riego artificial.

La presa está compuesta por tres estructuras de descarga, un vertedero con cota de descarga a nivel fijo al que se denomina aquí "Dique Fijo" de 200m de longitud, un vertedero controlado por cuatro compuertas de tipo segmento circular conocido como "Dique Móvil" de 70m de longitud y un canal de limpieza adjunto a este canal sobre la margen derecha al cual llamaremos "Canal Moderador" de 10m de longitud. Todas estas estructuras de descarga cuentan con estructuras de disipación de energía hacia aguas abajo.

La interposición del dique Los Molinos ha originado un corte del flujo de sedimentos desde el sector aguas arriba hacia el sector aguas abajo lo que llevó la colmatación del vaso se la presa y complementariamente dio lugar a un proceso de erosión generalizada del lecho aguas abajo de aproximadamente 3m. Esta nueva situación se aparta de las condiciones de diseño de la obra original, lo cual se traducen en un comportamiento anómalo de las estructuras hidráulicas de descarga y disipación. Esta nueva situación motivó que se proyectaran obras de re funcionalización de las estructuras de descarga del dique incluyendo las estructuras de disipación.

Otro aspecto a evaluar es el desarrollo de los complejos fenómenos de movimiento de sedimentos aguas arriba del embalse que producen, luego del paso de una crecida, una barra de sedimento que corta los aportes agua a la obra de toma para el canal Río Grande ubicada sobre la margen derecha del río. Esta situación determina que deban realizarse continuas tareas de readecuación de los sedimentos para garantizar el aporte mínimo a la obra de toma del canal derivador.

Debido a la complejidad de los fenómenos físicos involucrados en los procesos erosivos y de sedimentación, y para acotar el nivel de incertidumbre que ofrecen las distintas formulaciones matemáticas resultó imprescindible caracterizar los procesos hidrodinámicos y de transporte de sedimentos a través de un modelo físico.

Objetivos

En este trabajo se describen las etapas de diseño y construcción del modelo físico de la presa "Los Molinos" (Jujuy) cuyos objetivos específicos son:

- Verificar el comportamiento hidráulico de las estructuras proyectadas en las obras de re funcionalización,
- Analizar y cuantificar las erosiones locales aguas abajo

de las estructuras de descarga y disipación,

- Verificar y optimizar las consignas de operación de las compuertas del Dique Móvil y Canal Moderador a los fines de regular los procesos hidrosedimentológicos para permitir el paso de los sedimentos a través de estas estructuras.

Diseño y Construcción del Modelo Físico

Definidos los objetivos de la modelación se analizan cuales son los fenómenos que se desea reproducir y en función de estos las características que debe tener el modelo físico.

Se optó por realizar un modelo físico tridimensional Froudeano, dado que el escurrimiento ocurre a superficie libre, donde la fuerza predominante es la de gravedad. En cuanto a la tipología y al material del fondo se construyó un modelo no distorsionado mixto con márgenes fijas y cauce a fondo móvil, donde se desea observar el desarrollo de los procesos erosivos y de transporte de sedimento.

En cuanto al diseño del modelo físico, uno de los aspectos más importante a definir es la escala de longitudes. Para determinarla se deben minimizar los efectos de escala y analizar la infraestructura disponible en el laboratorio (espacio disponible, volúmenes de agua, equipo de bombeo, instrumental de medición, etc.). Finalmente se selecciona la menor escala posible a los fines de obtener el modelo más grande compatible con las instalaciones del laboratorio, y de este modo minimizar los efectos de escala. En este modelo físico del Dique Los Molinos el factor militante resultó ser la capacidad de bombeo, en función de la cual se seleccionó la escala de longitudes ($E_L=1:65$). Debido al tamaño del modelo resultante, se decidió emplazar el modelo en el predio del Laboratorio de Hidráulica a la intemperie, fuera de la nave central del modelo.

Definida la escala del modelo y su lugar de emplazamiento se puede comenzar con la construcción del modelo, el cual se puede dividir en dos partes:

- La Obra Gruesa: esta incluye la construcción de las obras, el sistema de alimentación (canales aforadores, cámaras de carga, cámaras de ingreso, modulo de salida y sus conducciones) y el cuenco de modelación.
- La Obra Fina, consiste en la construcción del modelo propiamente dicho, el cual debe garantizar la condición de similitud geométrica entre modelo y prototipo. Dentro de estas obras podemos mencionar la construcción del cuerpo de la presa, la topografía en toda la zona de estudio y el instrumental fijo de medición incorporado al modelo (limnímetros, etc.).

Obra Gruesa:

La Figura 1 muestra el circuito hidráulico del modelo físico. Los caudales una vez bombeados desde la cisterna ingresan a dos canales de aforo (previamente construido para otro modelo existente), los que tienen la particularidad de ser

independientes lo que permite derivar en forma controlada y precisa los caudales hacia los tramos de ingreso de los dos ríos modelados (Río Grande y Río Reyes). Una vez aforados, los caudales son entregados a dos cámaras de cargas, y de allí derivados a las cámaras de ingreso correspondientes a cada uno de los ríos, que tienen por objetivo aquietar el flujo para que entre al modelo de forma uniforme. A la salida del área de modelación se construyó un módulo de salida compuesto por un desarenador y un tanque de aforo volumétrico.

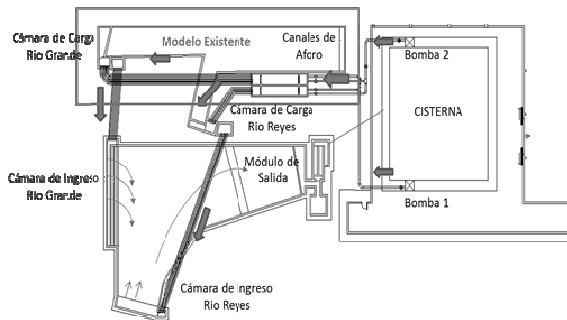


Figura 1: Circuito hidráulico del Modelo Físico

Obra Fina:

Para materializar el cuerpo de la presa se realizó una réplica de cada una de las estructuras hidráulicas diseñadas en el proyecto de re funcionalización del dique en poliestireno expandido y fueron recubiertas con resina sintética para exteriores. Por otra parte, para poder reproducir la topografía se realizó un modelo digital del terreno, a partir de un relevamiento topográfico realizado en toda la zona de estudio. El área de modelación se puede dividir en tres zonas en función de los objetivos del modelo, cada una de cuales tiene una metodología de diseño y construcción diferente:

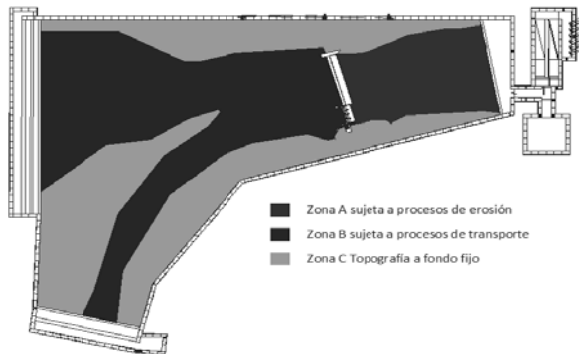


Figura 2: Zonificación del modelo.

Zona A: Fondo móvil, se seleccionó el diámetro del material a partir de la curva granulométrica escada del lecho del río. Zona B: Para la primera serie de ensayos donde se desea evaluar el comportamiento hidráulico de las obras y las erosiones aguas abajo, se rigidizó el fondo del cauce manteniendo su rugosidad. Para la segunda serie de ensayos donde se evaluará el transporte de sedimentos se eliminara la capa rigidizada para devolver su movilidad.

Zona C: Fondo Fijo, a partir del modelo digital del terreno se definen perfiles, los cuales se utilizan en la etapa de construcción para enzararlos con mortero de cemento y de esta forma reproducir la topografía.

El instrumental de medición fijo (Figura 3) incorporado al modelo consiste en: a) tomas limnimétricas que permiten relevar los niveles de agua en cada punto con precisión de

décima de milímetro; b) tomas de inyección de tinta las cuales se utilizan para inyectar fluoresceína y poder de este modo observar los patrones de flujo; c) tomas multipiezométricas: localizadas sobre el cuerpo de la presa para poder medir presiones.

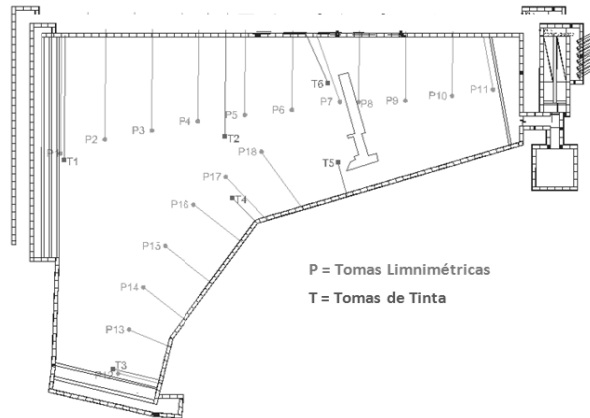


Figura 3: Ubicación de Tomas limnimétricas y de tinta.

La Figura 4 muestra el modelo finalmente construido y en funcionamiento.



Figura 4: Vista del modelo construido desde aguas abajo

Conclusiones

El modelo del Dique Los Molinos (Jujuy) es uno de los modelos más ambiciosos realizados en el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Nacional de Córdoba, ya que plantea como objetivos analizar y por lo tanto reproducir tres fenómenos diferentes: a) el comportamiento hidráulico de las estructuras de descarga; b) erosiones y c) transporte de sedimentos. Dada la gran cantidad de variables intervinientes en estos procesos se decidió dividir los estudios en dos etapas: En la primera se analizan el comportamiento hidráulico de las estructuras y las erosiones, mientras que en la segunda se analiza el transporte de sedimentos. La construcción de este modelo permitió reducir considerablemente las incertidumbres que ofrecen las distintas formulaciones matemáticas utilizadas para valorar los fenómenos físicos involucrados.