

# EVALUACIÓN EXPERIMENTAL, UTILIZANDO UN MODELO FÍSICO, DE LA CAPACIDAD DE DESCARGA DE LAS OBRAS DE EVACUACIÓN DE LA PRESA LOS MOLINOS, JUJUY

Lucas Quiroga Crespo<sup>1</sup>; José Manuel Díaz Lozada<sup>1</sup>; Matías Eder<sup>1</sup>; Carlos M. García<sup>1</sup>; Gerardo Hillman<sup>1</sup>; Daniel Bacchiega<sup>2</sup>; Gonzalo Moya<sup>1</sup>; Paolo Gyssel<sup>1</sup>; Mariana Pagot<sup>1</sup> y Mariano Corral<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Estudios y Tecnología del Agua (CETA). Laboratorio de Hidráulica, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Av Filloy s/n, Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba, Argentina, email: [lucas\\_quirogacrespo@hotmail.com](mailto:lucas_quirogacrespo@hotmail.com)

<sup>2</sup> Laboratorio de Hidráulica Aplicada, Instituto Nacional del Agua, AU Ezeiza-Cañuelas Km 1,62, Ezeiza, Argentina.

## Introducción

La presa Los Molinos, localizada sobre el Río Grande en la provincia de Jujuy (Argentina), es una obra hidráulica existente cuyos objetivos principales son la derivación de agua para consumo para la ciudad capital de la provincia, y para abastecer los canales de riego de la región. Actualmente la obra de derivación tiene problemas ya que se observan importantes deposiciones de sedimentos aguas arriba, problemas de erosión aguas abajo e importantes daños en la presa por los efectos abrasivos de los sedimentos que pasan sobre la estructura. Por este motivo se diseñaron nuevas obras para restaurar la operatividad de la presa y sus estructuras hidráulicas de derivación y evacuación.

Para evaluar estas nuevas obras, se diseñó y construyó un modelo físico tridimensional (escala 1:65), con similitud de Froude y con fondo móvil, en el Laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, de la Universidad Nacional de Córdoba.

La presa tiene tres tipos de obras de descarga. Un vertedero fijo, un vertedero móvil y un canal moderador (Ver Figura 1). El objetivo de este trabajo es verificar, utilizando el modelo físico, la capacidad de las obras de descarga con las modificaciones de proyecto.

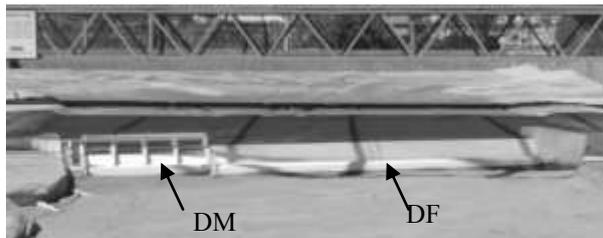
Se evaluaron diferentes condiciones hidrológicas las cuales representan condiciones de aguas bajas y de crecidas con caudales simulados de hasta 4200 m<sup>3</sup>/s en prototipo. La implementación en el modelo de estos caudales se verificó a través del uso de tomas limnimétricas y un tanque volumétrico construido para este modelo.

## Objetivo

El objetivo del presente trabajo es obtener de manera experimental las curvas de altura – descarga de cada una de las obras que componen la presa. Estos resultados se contrastan con las curvas de proyecto.

## Materiales y Métodos

Las instalaciones utilizadas constituyen un modelo físico con escala de Froude 1:65 y fondo móvil (Ver Figura 1).

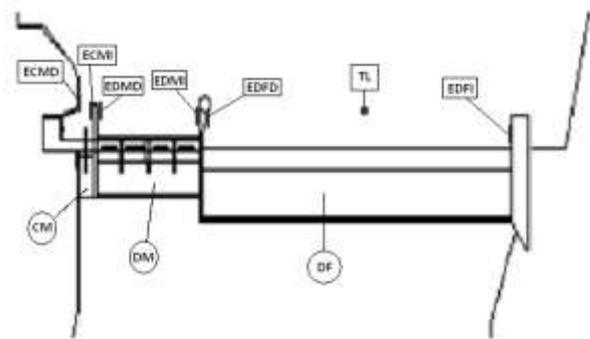


**Figura 1:** Modelo Físico Presa Los Molinos. Dique fijo (DF), dique móvil (DM) y canal moderador (CM).

El modelo simula el aporte a la presa de dos ríos, el Río Grande y el Río Reyes. Para abastecer de agua a cada uno

de ellos, se cuenta con dos cámaras de carga y dos cámaras de distribución. A estas cámaras se las abastece mediante dos cámaras aforadoras, donde a través de dos vertederos de placa delgada y dos tomas limnimétricas se miden los caudales suministrados a cada río. El agua es bombeada hasta estas cámaras desde una cisterna mediante dos bombas sumergibles dispuestas para tal fin.

Las alturas de agua sobre cada estructura se mide mediante escalas graduadas y una toma limnimétrica. Las escalas graduadas se ubican sobre las márgenes derecha e izquierda de cada una de las obras (por ejemplo EDFD representa la escala ubicada en la margen derecha del dique fijo). La toma limnimétrica se ubica aguas arriba de la presa, en la zona central del dique fijo.



**Figura 2:** Esquema de ubicación de las escalas graduadas (EDFD, EDFI, EDMO, EDMI, ECMD, ECMI) y la toma limnimétrica TL ubicada aguas arriba de la presa, sobre las márgenes derecha (D) e izquierda (I) de cada una de las obras (Dique Fijo DF, Dique Móvil DM y Canal Moderador CM).

Para obtener la curva  $h - Q$  (cota de superficie libre  $h$  y caudal escurrido  $Q$ ) del dique fijo, se cerraron las compuertas radiales del dique móvil y las compuertas del canal moderador. Para esas condiciones todo el caudal fluía sobre el dique fijo, con lo cual se podía asociar cada lectura en las escalas y en el limnómetro a cada caudal.

La curva  $h - Q$  del dique móvil se obtuvo por diferencias. El caudal total atravesaba tanto el dique móvil como el dique fijo. Tomando lecturas en las escalas del dique fijo, y utilizando la curva  $h - Q$  obtenida experimentalmente para el dique fijo, se obtuvo el caudal que descargaba por este dique. La diferencia entre el total y éste último, era el caudal del dique móvil, al que se lo asoció con alturas medidas en sus márgenes para obtener la curva  $h - Q$ .

La curva  $h - Q$  del canal moderador se obtuvo con la misma metodología que para el dique fijo, ya que cuando se erogan bajos caudales, el agua no descarga por el dique fijo, y con las compuertas del dique móvil cerradas, tampoco lo hace por éste.

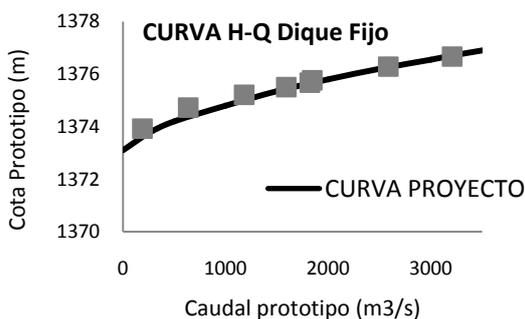
## Resultados

Con las cotas medidas en las escalas para cada una de las condiciones hidrológicas, se obtuvieron las curvas h - Q para cada una de las obras.

Fue necesario elegir un nivel de cota representativo para cada una de las obras, de manera que no se viesan afectadas las lecturas por las condiciones de borde y separaciones del flujo. Por este motivo, para el dique fijo, se tiene que la lectura más representativa es la obtenida a través de la toma limnimétrica. Para el dique móvil, se toma la obtenida en la escala de la margen derecha. Por último, para el canal moderador se eligió también la escala en la margen derecha del dique móvil. Ya que el flujo presentaba importantes separaciones de flujo en la entrada a la estructura del canal moderador.

Para poder comparar los resultados obtenidos con las curvas definidas en el proyecto (HALCROW, 2012), se graficaron con líneas de trazo las cotas en prototipo (en metros) predichas en el proyecto para cada uno de los caudales en prototipo ( $m^3/s$ ).

En las figuras 3, 4 y 5 se grafican las comparaciones mencionadas donde se observa una buena correspondencia entre los dos grupos de datos. Para todas las estructuras se observa que las cotas observadas son superiores a las proyectadas para caudales bajos, mostrando que las estructuras tienen una menor eficiencia que la proyectada. Además, se obtuvieron expresiones para obtener el caudal erogado para cada una de las obras en función de la altura de agua:

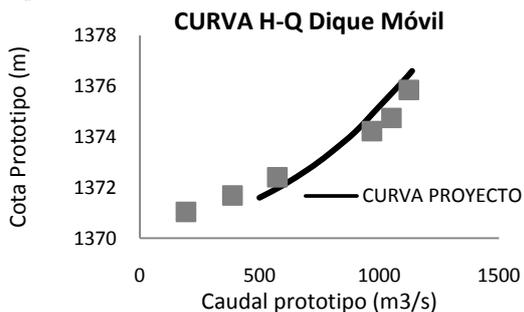


**Figura 3:** Curva h-Q Dique Fijo. Comparación entre la curva teórica de proyecto y los valores obtenidos de manera experimental en el modelo.

Dique Fijo

$$Q_{DF} \left( m^3/s \right) = 219,2 \cdot \Delta h_{TL} (m)^{2,094}$$

La variable  $\Delta h_{TL}$  corresponde a la diferencia entre la lectura tomada de cota en la toma limnimétrica y la cota del labio del dique fijo (1373,0 m).



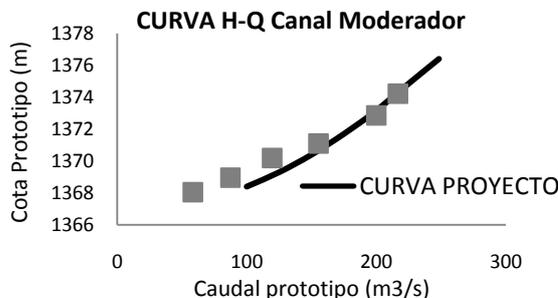
**Figura 4:** Curva h-Q Dique Móvil. Comparación entre la curva teórica de proyecto y los valores obtenidos de manera experimental

en el modelo.

Dique Móvil

$$Q_{DM} \left( m^3/s \right) = 97,34 \cdot \Delta h_{DM} (m)^{1,372}$$

En este caso la variable  $\Delta h_{DM}$  corresponde a la diferencia entre la lectura de cota tomada en la escala de la margen derecha del dique móvil EDMD y la cota a la entrada del dique móvil (1369,0 m).



**Figura 5:** Curva h-Q Canal Moderador. Comparación entre la curva teórica de proyecto y los valores obtenidos de manera experimental en el modelo.

Canal Moderador

$$Q_{CM} \left( m^3/s \right) = 18,66 \cdot \Delta h_{CM} (m)^{1,194}$$

Siendo para este caso la variable  $\Delta h_{CM}$  corresponde a la diferencia entre la lectura tomada en la escala de la margen derecha del dique móvil EDMD y la cota a la entrada del canal moderador (1365,4 m)

## Conclusiones

En este trabajo se obtuvieron de manera experimental las curvas de cota - descarga de cada una de las obras de descarga que componen la presa. Para todas las estructuras se observa que las cotas observadas son superiores a las proyectadas para caudales bajos, mostrando una menor eficiencia para la descarga que la proyectada. Estas diferencias se explican por la marcada tridimensionalidad del flujo en la aproximación a las distintas estructuras en contraste con la bidimensionalidad asumida en el proyecto.

## Referencias bibliográficas

Halcrow (2012). Informe de Avance N° 2. Dique Los Molinos, Jujuy. La Plata, Argentina.