

## DESCRIPCIÓN EXPERIMENTAL, UTILIZANDO UN MODELO FÍSICO, DEL FLUJO DE APROXIMACIÓN A LA PRESA LOS MOLINOS, JUJUY

José Manuel Díaz Lozada<sup>1</sup>; Lucas Quiroga Crespo<sup>1</sup>; Carlos M. García<sup>1</sup>; Mariana Pagot<sup>1</sup>; Gerardo Hillman<sup>1</sup>; Gonzalo Moya<sup>1</sup>; Mariano Corral<sup>1</sup> y Paolo Gyssels<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: [jmdiazlozada@gmail.com](mailto:jmdiazlozada@gmail.com)

### Introducción

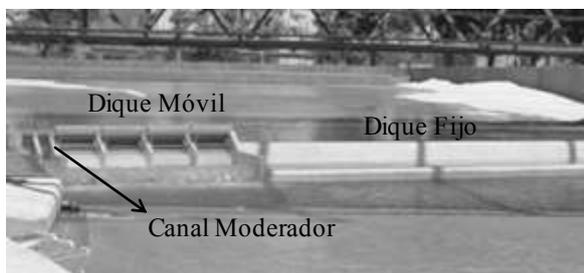
La presa Los Molinos, localizada un kilómetro aguas debajo de la confluencia Ríos Reyes y Grande en la provincia de Jujuy, Argentina, es una obra hidráulica existente cuyo objetivo es abastecer a la región de agua para uso doméstico y riego. En su situación actual, la presa y sus obras de evacuación presentan problemas en su operación debido a la colmatación con sedimentos aguas arriba de la presa, erosiones significativas aguas abajo y desgaste de la presa por abrasión. Para evaluar el diseño propuesto para dar solución a esta problemática, se construyó un modelo físico tridimensional (escala 1:65) con similitud de Froude del Dique Los Molinos en las instalaciones del Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. La descripción del flujo de aproximación a la presa es fundamental para evaluar la solución propuesta ya que de la misma depende la eficiencia de las estructuras de descarga como así también los efectos erosivos al pie de la presa.

### Objetivos

El objetivo del presente trabajo es evaluar experimentalmente, en el modelo físico mencionado, los patrones de flujos bi y tridimensionales en la región de aproximación a la presa para distintas condiciones experimentales que representan condiciones hidrológicas de crecida y caudales ordinarios.

### Materiales y Métodos

Los experimentos, cuyos resultados se presentan en el siguiente informe, fueron realizados en el Modelo Físico con similitud de Froude Los Molinos, ubicado en el Laboratorio de Hidráulica de la FCEFyN – UNC (escala 1:65 no distorsionada).



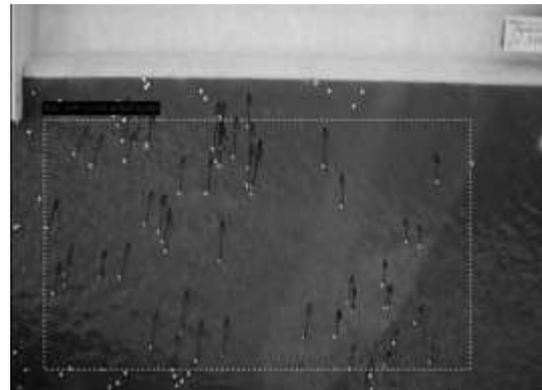
**Figura 1:** Modelo Físico dique Los Molinos ubicado en laboratorio de hidráulica de la FCEFyN UNC

En la figura se puede apreciar que las obras de descarga de la presa son el canal moderador, el dique móvil y el dique fijo. Aguas abajo de la obra el fondo es móvil y aguas arriba se ha rigidizado el fondo.

Los ensayos y resultados que se muestran en esta

publicación se han realizado bajo los siguientes escenarios hidrológicos: 4200m<sup>3</sup>/s, 3200m<sup>3</sup>/s y 1800m<sup>3</sup>/s (caudales totales en prototipo). La distribución de caudales adoptada es 66% del caudal total por el Rio Grande y el 34% restante por el Rio Reyes.

Para la realización de las mediciones se utilizó la técnica de Velocimetría por seguimiento de partículas (PTV por sus siglas en ingles) desarrollada por el grupo de investigación “Descripción experimental de la Turbulencia (DETU)” del Laboratorio de Hidráulica. Esta técnica consiste en analizar la evolución en el tiempo de partículas sembradas en la superficie del flujo por medio de imágenes adquiridas a intervalos regulares de tiempo por una cámara digital (ver Figura 2). Esta metodología permite determinar campos instantáneos y medios de velocidad, líneas de corriente, etc. A partir de esta información fue posible evaluar la localización de las regiones de máxima velocidad de flujo y la redistribución lateral del flujo para una configuración ensayada del flujo. Para validar la técnica se utilizaron registros obtenidos en punto conveniente por un velocímetro acústico Doppler (ADV, por sus siglas en ingles).

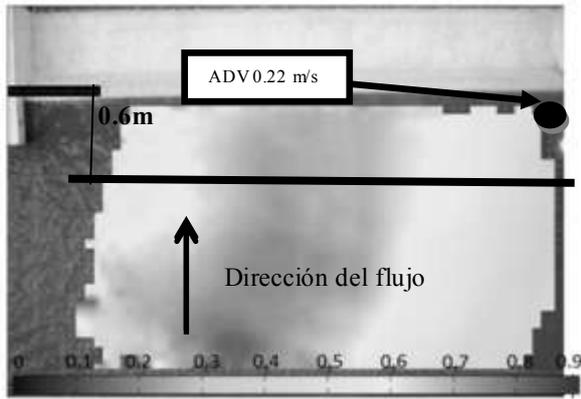


**Figura 2:** Imagen instantánea capturada del video registrado con una cámara digital desde una plataforma fija focalizando en la región de aproximación al dique móvil y al dique moderador

### Resultados

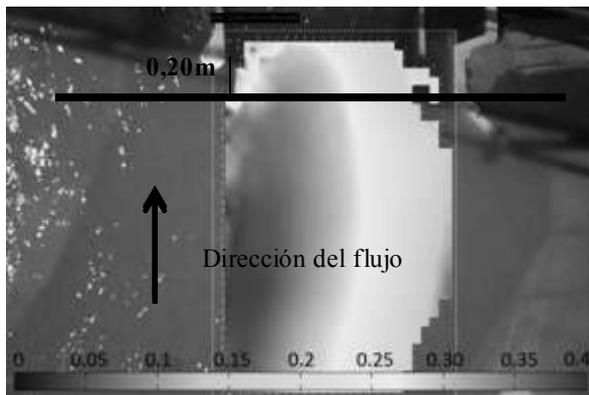
En la Figura 3 se observa la velocidad media para un caudal en el modelo físico de 123 lts/s que en prototipo equivale a 4200 m<sup>3</sup>/s. Se puede ver que la distribución de velocidades no es uniforme presentando un valor máximo del orden de 0.70m/s (5.60m/s en prototipo) en el centro del dique fijo y disminuyendo a valores del orden 0.20 m/s (1.61m/s en prototipo) en los laterales.

En la Figura 4 se puede ver que la distribución de velocidades en la zona de aproximación al dique móvil no es uniforme y presentan un máximo del orden de 0.40m/s (3.22m/s en prototipo) que va disminuyendo al acercarse a la margen derecha.



**Figura 3:** Campo de velocidad superficial media en la zona de aproximación al dique fijo (unidades m/s en modelo físico). El ADV mide velocidades del mismo orden que la técnica PTV, lo cual valida la técnica. El caudal ensayado equivale a 4200 m<sup>3</sup>/s en prototipo.

El valor máximo en el dique móvil es mas bajo que el valor máximo en la zona del dique fijo, esto se debe a que en la zona de aproximación del dique móvil hay una mayor profundidad que en la zona del dique fijo.

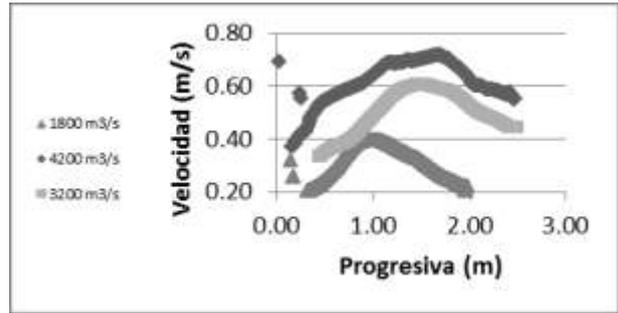


**Figura 4:** Campo de velocidad superficial media en la zona de aproximación al dique móvil (unidades m/s en modelo físico).

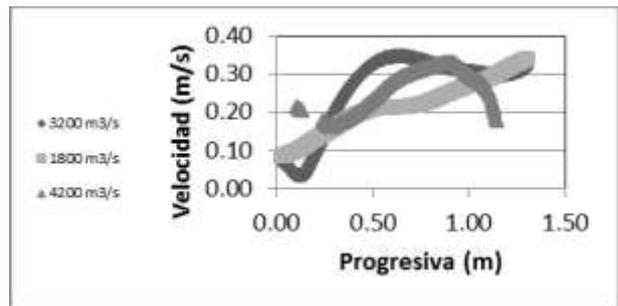
El análisis efectuado anteriormente para el escenario de 4200m<sup>3</sup>/s fue realizado para otras condiciones hidrológicas. Para los tres caudales reportados en esta publicación se obtuvieron las siguientes curvas de distribución transversal de velocidades.

En la figura 5 podemos observar que a mayores caudales mayores serán las velocidades del flujo, esto se debe a que la sección transversal del flujo varia poco y por lo tanto la velocidad aumenta. También podemos destacar que a medida que decrece el caudal, los valores máximos de velocidad se desplazan hacia la derecha, esto se debe a que para caudales bajos, el flujo tiende a volver a su cauce original hacia el dique móvil.

En la Figura 6 se puede ver que a medida la progresiva se aleja de la margen derecha aumenta la velocidad del flujo hasta un valor máximo ubicado aproximadamente en la zona central del dique móvil y luego comienza a decrecer teniendo el mínimo en la zona cercana al elemento divisor entre el dique fijo y móvil. Para 4200 m<sup>3</sup>/s las compuertas trabajan como orificio y este efecto se puede observar en la Figura 6 ya que para esta condición no existe un incremento en los valores de velocidades superficiales.



**Figura 5:** Distribución transversal de velocidades superficiales en la sección transversal localizada 0,60m (40m en prototipo) aguas arriba del labio del vertedero del Dique Fijo. Progresiva 0 ubicada en el elemento divisor del dique móvil y fijo.



**Figura 6:** Distribución transversal de velocidades superficiales (unidades m/s en modelo físico) en la sección transversal localizada 0,60m (40m en prototipo) aguas arriba del labio del vertedero del Dique móvil. Progresiva 0 ubicada en la margen derecha.

## Conclusión

A partir de la experimentación se ha podido determinar la distribución de velocidades de aproximación en las zonas cercanas a las estructuras de evacuación de la presa. Esta distribución de velocidad permite determinar la distribución de los caudales en las diferentes obras de descarga.

## Referencias Bibliográficas

**Eder, Matías (2012)** - Diseño, construcción y calibración del modelo físico – dique los molinos (Jujuy). Trabajo final de la carrera de Ingeniería Civil – Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – Universidad Nacional de Córdoba – Córdoba, Argentina.