

MEDICIÓN EN PROTOTIPO Y MODELO FÍSICO DE CAMPOS DE VELOCIDAD DE FLUJO EN ESTRUCTURAS DE DESCARGA DEL DIQUE LOS MOLINOS, JUJUY

Nicolás F. Guillén^{1,2}, Antoine Patalano^{1,2}, Carlos M. García^{1,2}, Iván M. Ragessi^{1,2}, Gerardo Hillman¹.

¹Centro de Estudios y Tecnología del Agua (CETA), Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEfYN), Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Av Filloy s/n, Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba, Argentina.

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

E-mail: nfguillen@hotmail.com

Introducción

La presa Los Molinos, localizada 1 km. aguas abajo de la confluencia de los Ríos Reyes y Grande en la provincia de Jujuy (ver **Figura 1**), es una obra hidráulica existente diseñada junto a otras obras complementarias para abastecer a la región de agua para riego. La **Figura 2** muestra los órganos de evacuación de la presa con las denominaciones utilizadas en este trabajo. En su situación previa a las intervenciones realizadas la presa presentaba problemas en su operación debido a la colmatación con sedimentos aguas arriba del dique, 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 en el Laboratorio de Hidráulica de la FCEfYN - UNC. A partir de las validaciones realizadas en el modelo, se llevaron a cabo las intervenciones en prototipo las cuales estuvieron finalizadas en febrero de 2015.

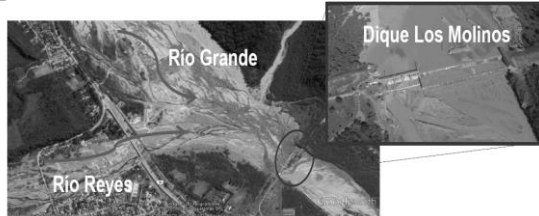


Figura 1.- Ubicación de la presa Los Molinos.

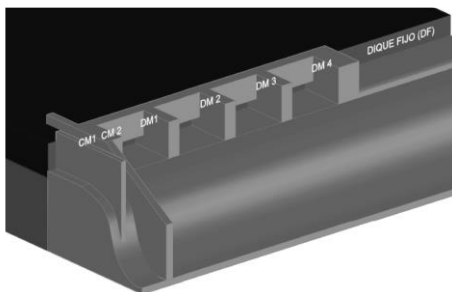


Figura 2.- Esquema de los órganos de evacuación de la presa Los Molinos. CM, DM, y DF se denominan a órganos de evacuación del canal moderador, dique móvil y dique fijo, respectivamente.

Objetivos

En este trabajo se presentan los resultados de mediciones realizadas en prototipo (luego de las realizarse las intervenciones propuestas) de velocidades de flujo en las estructuras de descarga del dique. Finalmente se comparan las velocidades obtenidas en prototipo con las predichas utilizando el modelo físico.

Metodología experimental

El día 6 de marzo de 2015 se realizó la visita al Dique Los Molinos. Durante la misma se observó el funcionamiento de diversas combinaciones de apertura de compuertas ante una crecida de mediana magnitud (del orden de los 100 m³/s). Durante la visita se tomaron fotografías y analizaron diferentes combinaciones hidráulicas de funcionamiento. Además, se capturaron videos de las estructuras de descarga y el flujo de aproximación para poder estimar las velocidades del flujo aplicando la técnica experimental

LSPIV (velocimetría por imágenes de partículas a gran escala, Patalano et al. 2015). Estos resultados son los que se presentan en este trabajo. Las combinaciones de descarga por las distintas estructuras que se ensayaron en prototipo son:

1. Combinación 1:

- Dique Fijo (DF): no vierte flujo por esta estructura.
- Dique Móvil (DM): abiertas las dos compuertas ubicadas sobre la margen izquierda (DM3 y DM4)
- Canal moderador (CM): existen pérdidas en CM2 y CM1 permanece cerrado.

Esta situación se muestra en la **Figura 3:**



Figura 3.- Vista del DM en la combinación 1.

2. Combinación 2:

- Dique fijo (DF): no vierte flujo por esta estructura.
- Dique Móvil (DM): abiertas las cuatro compuertas radiales (DM1 a DM4)
- Canal moderador (CM): existen pérdidas en CM2 y CM1 permanece cerrado.

3. Combinación 3:

- Dique fijo (DF): no vierte flujo por esta estructura.
- Dique Móvil (DM): abiertas las cuatro compuertas radiales (DM1 a DM4)
- Canal moderador (CM): se realiza la apertura parcial de CM2 y CM1 permanece cerrado.

Esta situación se muestra en la **Figura 4:**



Figura 4.- Vista del DM en la combinación 3.

Las pérdidas existentes para las combinaciones 1 y 2 en CM2 aunque la compuerta vertical permanezca cerrada se debe a que queda atrapado sedimento en el vano lo que impide que esta cierre completamente.

Resultados

En la **Figura 5** se muestra el campo de velocidad media superficial observado en prototipo en CM2 para la combinación 3; es decir CM2 abierto. Se observa claramente la bidimensionalidad del flujo en el salto esquinado. Además, las velocidades van aumentando a medida que la cota del lecho del salto disminuye y decrecen una vez que la cota crece (a la salida del salto).

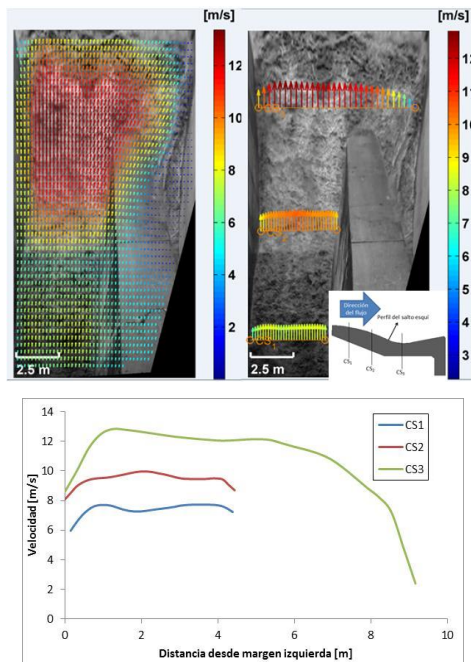


Figura 5.- Campo de Velocidades medias superficiales [m/s] y perfiles de velocidad media superficial [m/s] en CM2 bajo la combinación 3.

Debido a que al día de la visita no se habían colocado las escalas graduadas aguas arriba de las estructuras de descarga, no se pudo estimar el caudal evacuado por cada una de ellas aplicando las relaciones H – Q existentes. De todas maneras, como se conoce la relación existente entre el caudal (Q) y la distancia de despegue del salto esquí (D) de cada uno de los CM, se estimó el caudal aplicando la siguiente ecuación (Guillen, 2014):

$$Q_{CM2} = 1.4913 \cdot D^2 - 6.8106 \cdot D + 36,415$$

donde Q se expresa en [m³/s] y D en [m]. Para la combinación 3 se midió un despegue de la lámina de 5 metros; y si se aplica la relación antes mostrada esta arroja un caudal en CM2 de 40 m³/s.

Esta medición puede compararse con una de las realizadas en modelo físico en la cual se ensayó un caudal de 90 m³/s pasante por las dos compuertas del CM. Si tenemos en cuenta que debido a las condiciones de ingreso del flujo el 60% del caudal ingresa por CM1 y el 40% restante por CM2, el caudal erogado por esta última se estima que es 36 m³/s (valor muy cercano a lo medido en prototipo). A continuación en la **Figura 6** se muestra el campo de velocidad media superficial obtenido en el modelo físico utilizando la misma técnica experimental (LSPIV).

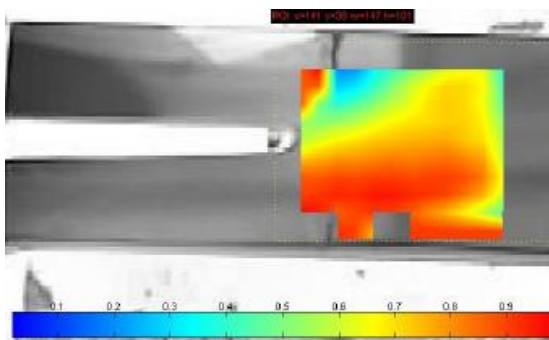


Figura 6.- Velocidades medidas en el salto esquí del CM para un caudal de 90 m³/s utilizando LSPIV.

Las velocidades en el salto esquí varían entre 0.7 y 0.9 m/s

en el modelo y al llevar estos valores a prototipo se alcanzan velocidades de entre 6 y 8 m/s. Si comparamos estas magnitudes con las velocidades del perfil CS₁ de la **Figura 5** (ya que son en la misma localización) vemos que son del mismo orden de magnitud.

Además de lo mostrado para CM2, también se realizaron mediciones en las diferentes compuertas del DM y aguas arriba de todas las estructuras de descarga. A modo de ejemplo se muestra la medición aguas arriba de CM para la combinación 3 en la **Figura 7** y aguas debajo de DM1 para la combinación 2 en la **Figura 8**.

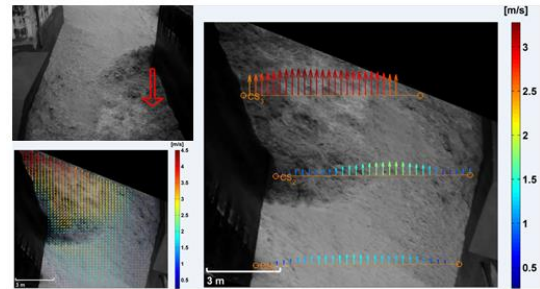


Figura 7.- Campo de Velocidades medias superficiales [m/s] y perfiles de velocidad media superficial [m/s] aguas arriba de CM obtenidos en prototipo bajo la combinación 3.

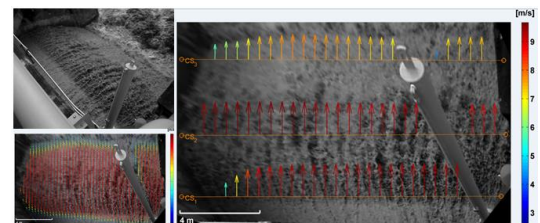


Figura 8.- Campo de Velocidades medias superficiales [m/s] y perfiles de velocidad media superficial [m/s] en DM1 obtenidos en prototipo bajo la combinación 2.

Conclusiones

Aplicando LSPIV fue posible caracterizar en prototipo los campos de velocidad superficial tanto aguas arriba como abajo de las estructuras de descarga de la presa. Esta caracterización experimental en prototipo provee información importante para evaluar el proyecto realizado.

Al comparar las velocidades medidas en prototipo y en modelo se obtienen valores del mismo orden de magnitud. En la actualidad se están realizando modelaciones numéricas de las diferentes estructuras de descarga del Dique Los Molinos y los resultados que allí se alcancen serán contrastados con los presentados en este trabajo.

Bibliografía

Guillén, Nicolás Federico (2014). “Estudios Avanzados para el Diseño Hidrológico e Hidráulico de Infraestructura Hídrica” – *Tesis de Maestría – Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mención Recursos Hídricos – FCEFyN – UNC – Córdoba, Argentina.*

A. Patalano, C. M. García, W. Brevis, T. Bleninger, N. Guillen, L. Moreno & A. Rodriguez. (2015) Recent Advances In Eulerian And Lagrangian Large Scale Particle Image Velocimetry . E-proceedings of the 36th IAHR World Congress. 28 June – 3 July, 2015, The Hague, the Netherlands