

CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DEL FLUJO PARA ESTIMAR PARÁMETROS HIDRÁULICOS DE DISEÑO DE PASARELAS SOBRE EL RÍO URUGUAY EN LOS SALTOS DEL MOCONÁ, MISIONES

Carlos Marcelo García¹, Horacio Herrero¹, Gerardo Hillman¹, Andrés Rodríguez¹ y Enrique Macchione²

¹ Laboratorio de Hidráulica. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba

² Carlos E. Enrique S.A. Posadas, Misiones.

E-mail: cmgarcia@yahoo.com.ar

Introducción

Una característica particular del cauce del Río Uruguay es la existencia de un cañón incidido en su lecho basáltico. Se lo ha detectado a partir de estudios batimétricos con ecosonda a lo largo (más de 300 km) de la frontera argentino – brasileña (Iriondo y Krohling, 2008). Entre la desembocadura del primer afluente misionero del Río Uruguay, (el arroyo Pepirí Guazú) y la del arroyo Yaboti; el cañón atraviesa un bloque elevado por neo tectónica y emerge durante aguas bajas (en sentido longitudinal al río) En esas condiciones el agua del río cae desde el lecho normal del cauce al fondo del cañón a lo largo de 3 km (Figura 1) formando los conocidos Saltos del Moconá o Yucumá (denominación brasileña). En ese tramo el cañón es estrecho (50m) y particularmente profundo con profundidades típicas de 50 a 60m y superando los 100 m en algunos puntos (Iriondo y Krohling, 2008). El ancho del río varía de 200 m en el tramo inferior hasta aproximadamente 450 m en el tramo superior. A lo largo de los Saltos del Moconá existen afloramientos rocosos en el lado brasileño que son inundados en las crecidas, llevando el ancho del río hasta aproximadamente unos 500 m en ese tramo. Frecuentemente el agua fluye por la faja derecha del fondo del cauce (margen izquierda) lo cual se explica por la canalización aguas arriba previa al salto (Iriondo y Krohling, 2008).



Figura 1.- Zona de estudio: Saltos del Moconá.

En la actualidad se están construyendo en el Parque Provincial Moconá (donde se encuentran emplazados los saltos) pasarelas diseñadas con una altura suficiente para acceder a los saltos en épocas en que los mismos puedan observarse (aguas bajas). Para el diseño de las pasarelas se requieren como parámetros hidráulicos la velocidad y profundidad de flujo máxima en dicha sección para ciertas condiciones hidráulicas establecidas para el diseño.

Objetivos

En este trabajo se sintetizan los resultados obtenidos durante la caracterización experimental in situ del flujo para estimar parámetros hidráulicos de diseño de pasarelas sobre el río Uruguay en los Saltos del Moconá, Misiones. Los parámetros requeridos en el diseño son velocidad y profundidad de flujo máxima en dicha sección.

Materiales y Métodos

En la Figura 1 se muestra la localización de la zona de estudio en la cual se realizaron la caracterización del flujo (cuya síntesis es el objeto del presente trabajo). Esta zona está ubicada en la parte alta de los saltos (cercana a la margen derecha, territorio argentino), en la región que incluye la traza preliminar de las pasarelas. Los límites de la zona de estudio son: a) al norte la línea de la pasarela auxiliar; b) aproximadamente 50 metros hacia aguas abajo se encuentra el límite sur de la zona de estudio; c) el límite oeste es la costa argentina del río Uruguay y d) el límite este son los saltos.

Para la caracterización experimental del flujo (velocidad y profundidad) en la zona de estudio se utilizó el Perfilador de Corriente Acústico Doppler (ADP) “RiverSurveyor S5” recientemente adquirido por el Laboratorio de Hidráulica, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. Este instrumental ha sido previamente evaluado y validado por el grupo de investigadores del Laboratorio de Hidráulica. Para su utilización, el instrumento se instaló en una plataforma móvil. Se utilizó además un bote de aluminio desde donde se operó la computadora que comanda el instrumental utilizado para caracterizar el flujo y el generador de energía eléctrica requerido para operar el instrumental y la computadora.

La metodología implementada en este trabajo consistió en realizar en primera instancia mediciones de velocidad y batimetría en 10 secciones transversales ubicadas sobre la margen derecha de la zona de estudio (Figura 2). En cada sección se realizaron dos recorridos o transectas (uno de ida y uno de vuelta).

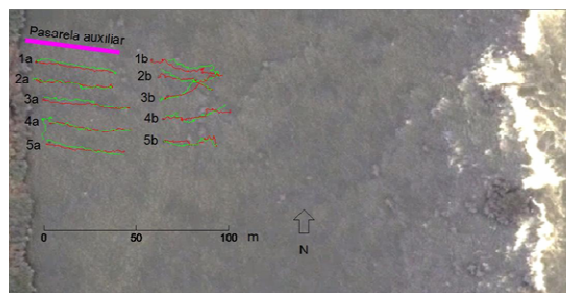


Figura 2.- Recorridos realizados sobre la margen derecha

Además se realizó un cruce completo (ida y vuelta) desde la margen derecha del río (límite oeste de la zona de estudio) hasta los saltos. Los recorridos realizados durante este cruce completo se incluyen en la Figura 3. Las mediciones se realizaron durante dos días (26 y 27 de abril de 2011). Los caudales medios diarios presentes durante la evaluación experimental fueron 1247 y 1443 m³/s de acuerdo a registros de caudales evacuados por la represa Chapeco ubicada aguas arriba de la zona de estudio.

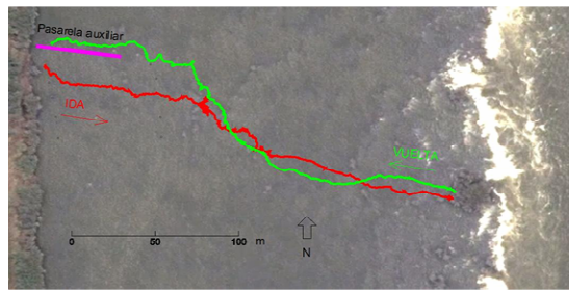


Figura 3.- Recorridos completos

Evaluación y Resultados

A partir del procesamiento de los datos medidos se determinaron, para cada sección, los siguientes parámetros hidráulicos: a) magnitud y dirección de la velocidad del flujo, y b) profundidad del flujo. En este resumen extendido se muestran resultados relacionados a la sección 1.a (Figura 4) y al recorrido completo de ida (Figura 5). Las denominaciones de las secciones se detallan en las Figuras 2 y 3. En todos los casos, la profundidad se mide desde la superficie libre.

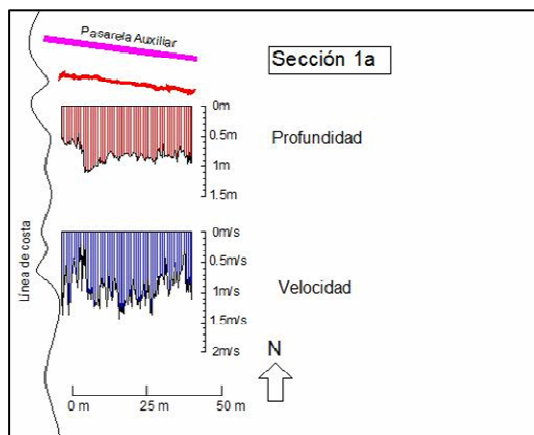


Figura 4.- Magnitud de la velocidad media del flujo y profundidad para la sección 1a.

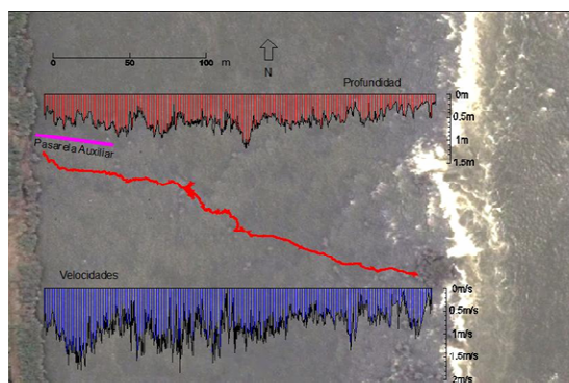


Figura 5.- Magnitud de la velocidad media del flujo y profundidad para el recorrido completo (ida).

En la Tabla 1 se resumen los valores máximos para los parámetros hidráulicos observados en cada una de las secciones para las condiciones experimentales evaluadas.

Los resultados mencionados describen las condiciones experimentales presentes durante los trabajos experimentales.

Tabla 1.- Valores de los parámetros hidráulicos medidos

Sección	Profundidad Máxima [m]	Velocidad Máxima [m/seg]
1a	1.10	1.45
2a	0.97	1.65
3a	1.08	1.62
4a	0.91	1.81
5a	0.98	1.77
1b	1.18	1.33
2b	0.97	1.91
3b	0.97	1.62
4b	1.12	1.65
5b	1.26	1.54
Completa	1.25	1.83

A continuación se estiman los valores de los principales parámetros hidráulicos de diseño para otras condiciones de flujo diferentes a las observadas (representadas por mayores caudales). Para realizar esta estimación se tomaron como referencia los valores observados de velocidades y profundidades medias en el recorrido completo y se utilizó la ecuación de Manning (Chow, 1994), asumiendo valores aproximadamente constantes de los parámetros n (rugosidad) y S (pendiente). A partir de los valores de diseño de velocidad media en la sección transversal estimados para distintas profundidades medias de diseño, los valores máximos para la velocidad de flujo esperables en cada sección transversal (Tabla 2) se estiman a partir de las relaciones entre los valores máximos y medios observados durante las actividades de campo ($= 2.4$).

Tabla 2.- Valores de los parámetros hidráulicos medidos

Profundidad media diseño [m]	Velocidad media de flujo [m/s]	Velocidad Máxima [m/seg]
0.64	0.77	1.85
1	1.04	2.49
2	1.65	3.95
3	2.17	5.18

No se han asignado probabilidades de ocurrencia a las distintas profundidades medias de diseño ya que en la actualidad el Río Uruguay en la sección de estudio se encuentra totalmente regulado por la presa lo cual modifica cualquier estudio estadístico de la serie de caudales (y niveles) históricos disponibles.

Conclusiones

En este trabajo se presentaron los principales resultados obtenidos durante la caracterización experimental in situ del flujo para estimar parámetros hidráulicos de diseño de pasarelas sobre el río Uruguay en los Saltos del Moconá, Misiones. Los parámetros de diseño estimados fueron velocidad y profundidad de flujo máxima en dicha sección. Modernas técnicas de medición de flujo actualmente disponibles se utilizaron para esta caracterización aportando información con alta resolución espacial y temporal. Los parámetros de diseño se estimaron para otras condiciones distintas de diseño asumiendo similar comportamiento del flujo para otras condiciones.

Referencias

Chow, V.T. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*, McGraw Hill.

Iriondo y Krohling (2008). *Cambios Ambientales en la cuenca del río Uruguay*, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.