

CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DE LAS VELOCIDADES DE FLUJO EN EL MODELO FÍSICO TRIDIMENSIONAL DEL RÍO SUQUÍA

Lorena Gizzi¹; Carlos M. García¹; Leticia Tarrab¹; Horacio Herrero¹ y Gerardo Hillman¹

¹ Centro de Estudios y Tecnología del Agua (CETA), Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Av Filloy s/n, Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba, Argentina, email: lorenagizzi@hotmail.com

Introducción

El proyecto de sistematización del cauce del Río Suquía en su tramo urbano, a cargo de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Córdoba, comprende la reparación y readecuación del cauce principal y su llanura de inundación, como así también la rectificación y canalización del cauce del Arroyo La Cañada en su último tramo previo a su desembocadura en el Río Suquía. Una de las problemáticas a analizar es la ocurrencia de procesos erosivos que se podrían producir dentro de la llanura de inundación y para ello se realizó un estudio experimental en un modelo físico (con fronteras fijas) a escala construido en las instalaciones del Laboratorio de Hidráulica de la UNC. Para identificar en el modelo físico las potenciales regiones donde los procesos erosivos podrían ser relevantes en prototipo, se requiere caracterizar experimentalmente las velocidades de flujo en el modelo para diferentes condiciones hidrológicas (caudales) con distintos periodos de retorno. En el presente trabajo se presentan las técnicas experimentales empleadas, y los principales resultados y conclusiones obtenidas de la caracterización experimental del campo de velocidades de flujo en el tramo de estudio.

Objetivo

El objetivo general es caracterizar experimentalmente el flujo en el modelo físico tridimensional del cauce del Río Suquía, a los fines de determinar las velocidades del flujo en cada tramo del modelo y las posibles zonas críticas en las cuales se producirían procesos erosivos en prototipo.

A fines de cumplir con el objetivo general se proponen los siguientes objetivos específicos: a) caracterizar los distintos regímenes de flujo presentes en cada uno de los componentes de este modelo; b) determinación del campo de velocidades para una cierta condición de flujo ensayada, evaluando zonas potenciales de procesos erosivos; c) elaborar recomendaciones para el proyecto denominado "Propuesta de Revalorización Río Suquía en el Tramo Urbano y Desembocadura La Cañada".

Materiales y Métodos

El modelo físico utilizado fue construido en el Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Este modelo físico hidráulico es de tipo tridimensional con semejanza de Froude ejecutado en escala no distorsionada de longitudes $EL=1:40$, permitiendo analizar el tramo del Río Suquía, comprendido entre los puentes Centenario y Avellaneda, de aproximadamente 1000 m de desarrollo, con un ancho efectivo variable de 70 a 280 m en prototipo. La topografía y batimetría de los distintos tramos del modelo físico se hallan representadas a fondo fijo.

En la Figura 1 se observa una vista en planta del modelo, el cual cuenta con dos cámaras de aforos, cámaras de carga y cámaras de distribución hacia cada canal que compone el modelo (Paschetta, 2011).



Figura 1.- Modelo Físico Tridimensional Río Suquía y Arroyo La Cañada.

Se registraron velocidades puntuales, mediante la aplicación del Velocímetro Acústico Doppler (conocido como ADV por sus siglas en inglés), siguiendo la metodología propuesta por Herrero et al. (2009) y del tubo de Pitot estático (en localizaciones donde la escasa profundidad impedía el uso de ADV). Para ambos instrumentos se registró la velocidad a 4 cm. desde el fondo. Con ADV se midió velocidad 3D del flujo en el canal central del Río Suquía, mientras que con el Tubo Pitot estático se midió velocidad longitudinal del flujo en cinco puntos ubicados lateralmente en cada sección transversal del modelo (Ver Figura 2).

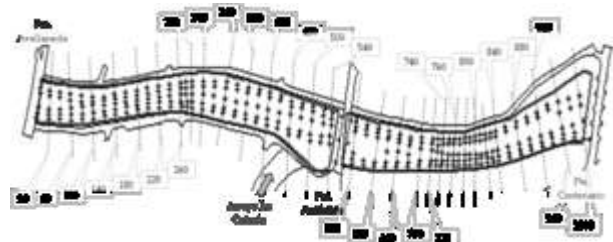


Figura 2.- Localizaciones medidas con el Tubo Pitot estático. La localización central en cada sección fue también medida con ADV.

Además se empleó la técnica de velocimetría por seguimiento de partículas (PTV: Particle Tracking Velocimetry) utilizada para obtener campos de velocidad superficial. Finalmente, se implementó una técnica de visualización del flujo mediante trazadores, a los fines de analizar cualitativamente el campo del flujo en algunas zonas del modelo.

La condición experimental analizada en este trabajo a los fines de caracterizar el flujo en los distintos tramos del modelo, fue un escenario hidrológico correspondiente a un periodo de retorno de 10 años escurriendo simultáneamente por el Arroyo La Cañada ($210 \text{ m}^3/\text{s}$) y por el Río Suquía ($454 \text{ m}^3/\text{s}$).

Resultados

En la Figura 3 se muestra el campo de velocidades longitudinales donde se registran velocidades máximas

superiores a 1 m/s (en el modelo físico) en las zonas de contracción de la sección transversal como se indica con líneas de trazos. Además se observan velocidades bajas en la zona aguas arriba de la confluencia (margen derecha), donde la sección del Río Suquía presenta una curvatura; como se puede ver en la región marcada en líneas continuas, estas velocidades son del orden de 0,10 m/seg. a 0,20 m/seg. También se observaron velocidades pequeñas en el último sector del tramo en estudio (margen izquierda).

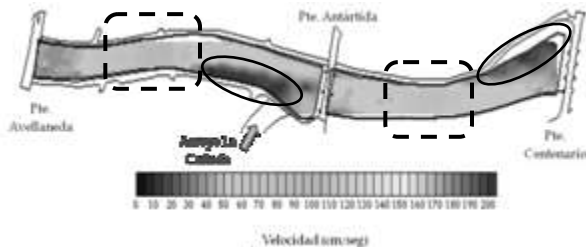


Figura 3.- Campo de velocidades longitudinales en el modelo físico.

En la Figura 4 se muestran los vectores de velocidad superficial de flujo (obtenidos con PTV en el modelo físico) promediados en el tiempo en el tramo localizado aguas arriba de la confluencia, pudiendo observarse que la velocidad es mayor en la zona central del canal del Río Suquía, en tanto que sobre la margen derecha se dan las velocidades más bajas. Esta distribución en planta de velocidades superficiales se atribuye a la geometría de la sección en estudio, ya que este sector se encuentra a la salida de la curva, y las velocidades bajas se generan por la presencia de una recirculación sobre la margen derecha.

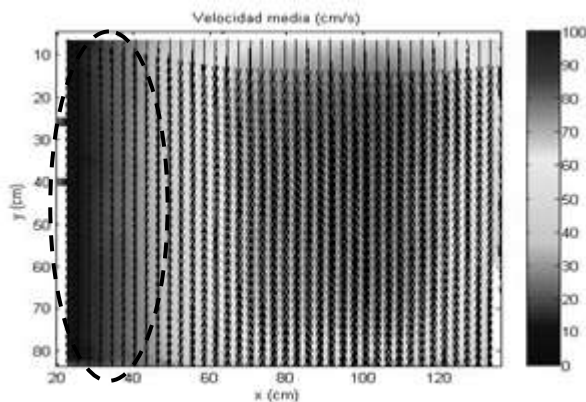


Figura 4.- Vectores de velocidad del flujo promediados en el tiempo en la zona aguas arriba de la confluencia. Progresiva $x = 0$ corresponde a la margen derecha.

El aumento de las velocidades en la margen externa a la salida de la curva se generan por la interacción de procesos tales como: la separación del flujo en las márgenes, las corrientes transversales dirigidas hacia la zona de la margen externa, la aceleración y la desaceleración local del flujo, entre otros. Conocer la distribución espacial de estas velocidades permite localizar zonas críticas con riesgo de erosión.

En la Figura 5, se muestran (con colores oscuros) las zonas posibles a ser erosionadas, en las cuales las velocidades de flujo (extrapoladas al prototipo) superan a la velocidad admisible de 1,3 m/s. para un canal revestido con pasto, como son las llanuras de inundación sobre el Río Suquía. En la imagen se puede observar que a lo largo del tramo estudiado, casi en su totalidad las velocidades que se producen en la condición estudiada (10 años de recurrencia

en el Río Suquía) podrían erosionar la llanura de inundación.

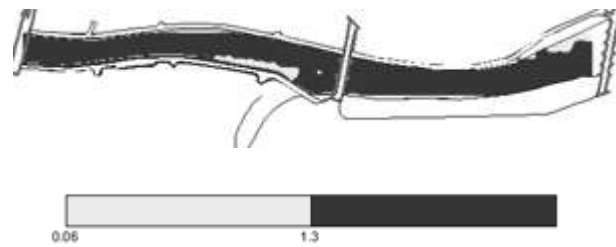


Figura 5.- Zonas críticas (en colores oscuros) posibles a erosionar en prototipo con velocidades de flujo (m/seg.) superior a la velocidad admisible.

Basándose en los resultados del modelo físico y en la observación del comportamiento hidrodinámico del tramo en estudio durante una condición hidrológica observada (con menor recurrencia) durante la temporada de lluvias 2011-2012, se puede inferir que cualitativamente los resultados del modelo son representativos, ya que las zonas donde se observaron las velocidades mayores concuerdan con las regiones más erosionadas en prototipo.

Conclusiones y Recomendaciones Generales

Mediante el uso de diversas técnicas de medición de velocidad y de visualización del flujo se logró caracterizar experimentalmente en un modelo físico, el comportamiento hidrodinámico de un tramo central del Río Suquía, identificando regiones con baja velocidad y recirculación, y zonas de alta velocidad con riesgo de erosión. Las zonas donde se observaron las velocidades mayores concuerdan con las regiones más erosionadas en prototipo durante una condición hidrológica observada (con menor recurrencia) durante la temporada de lluvias 2011-2012.

Para evitar estos procesos erosivos se recomienda revestir las zonas erosionadas con elementos protectores como mallas geotextiles, y evitar que las posibles soluciones no generen impacto visual ya que el tramo en estudio se encuentra inmerso en la zona urbana de la ciudad de Córdoba.

Referencias Bibliográficas

- Herrero H, Castro P, García C, Rodríguez A (2007). "Guía Práctica Para Realizar Mediciones de Velocidad en Flujos Turbulentos con ADV". XX Congreso Nacional del Agua, Tucumán, Argentina.
- Paschetta F. (2011). Diseño, construcción, calibración y explotación: Modelo físico Río Suquía – Arroyo La Cañada. Práctica Supervisada de la Carrera de Ingeniería Civil, FCEfyN, UNC.
- Tarrab L, Brevis,W, Savid C, Wierzbicki P, y García C (2009). "Caracterización de flujos complejos en laboratorio mediante la técnica PTV". I Simposio sobre Métodos Experimentales en Hidráulica, Carlos Paz, Argentina.