

# SIMULACIÓN DEL ESCURRIMIENTO EN LA LLANURA DE INUNDACION DEL RIO PARANA EN SU TRAMO MEDIO

Rodolfo Aradas<sup>(1)</sup>, Sergio Herbón<sup>(1)</sup>, Martín Spirito<sup>(1)</sup>, Javier Charette<sup>(1)</sup>, Marcelo Esper<sup>(1)</sup>

Halcrow Ingenieros Consultores – Av. Leandro N. Alem 884 2° Piso, Ciudad de Buenos Aires, Argentina

Tele: 54 1 43114911. e-mail: aradasrd@halcrow.com

## Introducción

El río Paraná fue objeto de numerosos estudios producto de las severas consecuencias que ocasionaron las grandes inundaciones de la última mitad del siglo pasado, tales como las ocurridas en 1982/1983, 1992 y 1998. Dichos estudios fueron recientemente recopilados (Paoli y Schreider, 2000) dando cuenta de una vasta información en lo concerniente a estudios hidrológicos, hidráulicos y sedimentológicos enfocados en el tramo medio del río Paraná. También se han llevado a cabo importantes estudios de erosión localizada en los distintos puentes que cruzan el valle del Paraná; no obstante es menor el nivel de certidumbre encontrado en cuanto a la distribución de caudales en torno a cada obra. El avance de las herramientas de modelación es un proceso de desarrollo continuo, el cual se ve potenciado en la actualidad por los avances en la obtención de información topográfica, por ejemplo mediante técnicas de teledetección, y el desarrollo de sistemas de información geográfica que permiten generar en forma expeditiva modelos digitales del terreno que sirvan de base al desarrollo de modelos bidimensionales. En el año 2006, el Ministerio de Obras, Servicios Públicos y Vivienda y el Ministerio de Asuntos Hídricos de la Provincia de Santa Fé, contrataron la ejecución del Estudio Integral del Tramo Medio del Río Paraná y su influencia en el área de la Ciudad de Santa Fé a la UTE Evarsa-Halcrow-Inciv. El presente trabajo se enmarca en el desarrollo de dicho estudio.

La figura 1 presenta la ubicación general del área de estudio.

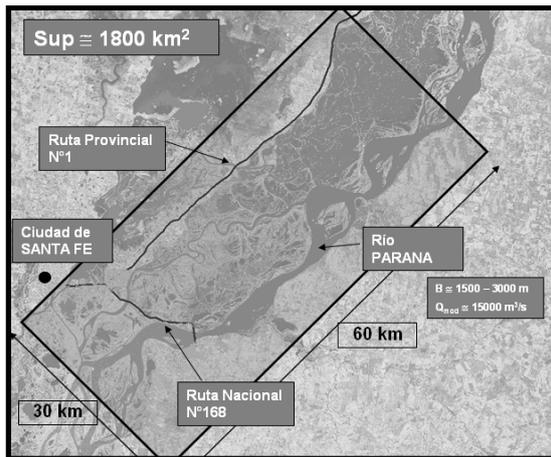


Figura 1.- Ubicación general del área de estudio

## Objetivos

En el marco del trabajo mencionado, surge como una de las principales prioridades analizar la seguridad de la Ruta Nacional 168, uno de los principales corredores viales del país que vincula a la ciudad de Santa Fé con el sur mesopotámico a través del Túnel

Subfluvial Hernandarias. Una de las principales características de este cruce radica en que, a lo largo de sus 23km, atraviesa todo el valle aluvial del río Paraná debiendo salvar cuerpos de agua permanentes de gran importancia y elevada dinámica hídrica como son la Laguna Setúbal, el río Colastiné y el río Paraná, sumados al flujo extraordinario que se produce sobre la zona de islas tanto en el tramo Santa Fe-La Guardia como en el tramo La Guardia-Paraná. El corredor de la Ruta 168 está dotado de numerosos cruces en la forma de puentes y aliviadores; la figura 2 presenta la disposición de los mismos. El objetivo del trabajo que se presenta a continuación consistió en realizar un abordaje mediante simulación matemática unidimensional y bidimensional para lograr una aproximación razonable al flujo en la llanura de inundación de los ríos Paraná y Colastiné que permitiese sustentar con mayor robustez los parámetros de hidráulicos para el cálculo de la erosión en las aberturas de paso en la ruta. Este estudio cobra mayor relieve en virtud de la ampliación actual de la ruta y la inminente necesidad de definir las luces de paso necesarias.

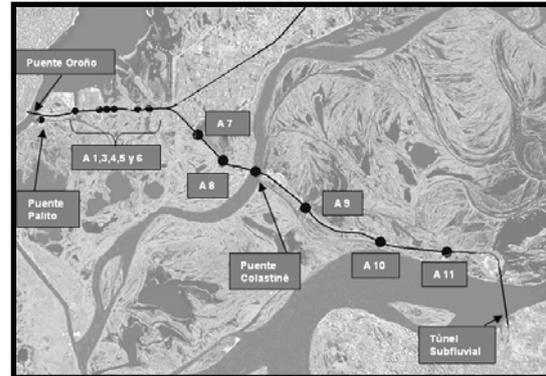


Figura 2.- Ubicación de las obras de paso de la Ruta 168.

## Enfoque y Método

Históricamente el río Paraná fue modelado en forma unidimensional fundamentalmente para la simulación en régimen de crecidas (por ejemplo, Motor Columbus y Asociados, 1979; Ceirano et al, 1982; Sir William Halcrow and Partners Ltd., 1994), recurriendo a una esquematización de ramas múltiples que se ajusta a la dinámica hídrica extraordinaria del río con secciones transversales extendidas perpendiculares al flujo dominante del valle de inundación. Este enfoque probó a la fecha ser satisfactorio a los efectos de la estimación de niveles y caudales máximos con la evidencia de calibraciones bien ajustadas en los distintos puntos de aforo del río Paraná en su tramo medio desde la ciudad de Corrientes hasta Rosario aproximadamente.

No obstante el análisis del escurrimiento localizado en torno a estructuras hidráulicas vitales como son las obras de alivio de rutas transversales al escurrimiento

en la llanura de inundación requiere de un enfoque de modelación más detallado que permita cuantificar el posible flujo transversal en la planicie responsable de generar los estados de carga hidráulica pertinentes a cada obra.

En el marco del presente trabajo se presentan los resultados del análisis comparativo llevado a cabo mediante distintos enfoques de modelación, fundamentalmente haciendo uso de simulaciones unidimensionales, pseudos-bidimensionales y bidimensionales, a través de los cuales se pudo explorar la influencia de las distintas hipótesis asumidas en los parámetros de cálculo requeridos para estimar las profundidades de erosión debajo de cada estructura. En particular se realizó un análisis del tamaño de grilla, de la rugosidad del cauce y valle y de la relación entre las mismas y de las diferencias que se obtendrían simulando el cauce mismo del río Paraná en forma unidimensional o bi-dimensional.

Los resultados de cada uno de los ejercicios de modelación fueron comparados con los caudales aforados en los distintos aliviadores en crecidas históricas como la de 1982/1983.

La figura 3 presenta una de las esquematizaciones adoptadas para el modelo 1D-2D

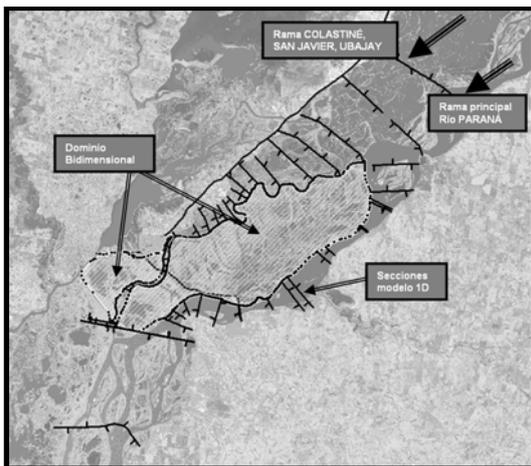


Figura 3.- Esquematación del modelo 1D-2D.

## Resultados

Se presenta en la figura 4 el campo de velocidades obtenido de una simulación bidimensional de la crecida de 1982/1983 llevada a cabo para un caudal en régimen permanente de  $44700\text{m}^3/\text{s}$  en la que se pueden notar el aumento progresivo de llamada hidráulica que se da en el aliviador más próximo al río Colastiné producto de:

- i. el gradiente de flujo transversal del río Paraná hacia el río Colastiné,
- ii. la orientación de la ruta sobre margen derecha del Paraná
- iii. el control de nivel que ejerce este último aguas abajo de la ruta 168 en los aliviadores 10 y 11; y
- iv. el desnivel hidráulico y remanso a lo largo del río Paraná producto de su estrechamiento próximo

a la sección de paso del túnel subfluvial.

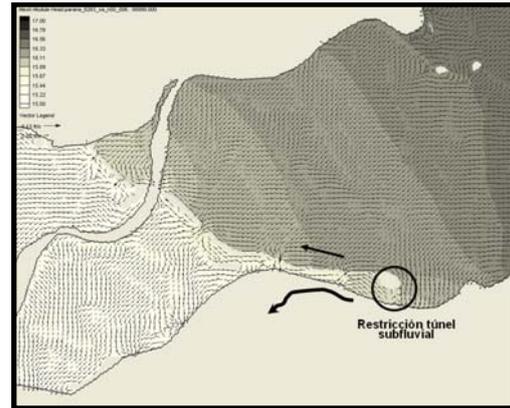


Figura 4.- Ejemplo de líneas de corriente obtenidas con el modelo.

Finalmente los ejercicios de modelación servirán para desarrollar un ábaco que permita estimar el porcentaje de paso en cada aliviador para distintos caudales en el sistema del río Paraná. Se presenta un ejemplo preliminar en la figura 5.

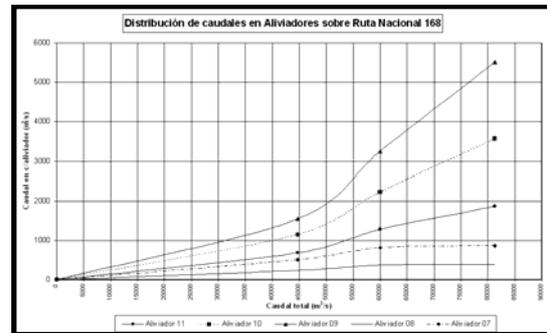


Figura 5.- Gráfico para la estimación de caudales en aliviadores de la Ruta 168.

## Referencias

- Ceirano, E.; Gioria, R. y Ercole, C. (1982). The "Parana Medio" Hydrodynamic Model and its calibration. In: Water International, Vol.7-82
- Paoli, C.; Schreider, M. (2000). El Río Paraná en su tramo medio. Universidad del Litoral, Tomos I y II.
- Motor Columbus y Asociados (1979). Estudio de Crecidas de los Ríos Paraná y Paraguay.
- Sir William Halcrow and Partners Ltd (1994). Estudio de Regulación del Valle Aluvial de los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay para el Control de las Inundaciones. Subunidad Central de Coordinación para la Emergencia, Ministerio del Interior (SUCCE)