

## DISEÑO DE SOBRECANAL PARA NAVEGACIÓN FLUVIAL EN UN CANAL CON CORRIENTE TRANSVERSAL

Prendes Héctor H., Huespe José, Franco Felipe R., y Zanardi Luis A.

FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS HÍDRICAS – UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL  
Ciudad Universitaria, Barrio El Pozo, (3000) Santa Fe. Email: hprendes@fich1.unl.edu.ar

### Introducción

El Canal de Acceso al Puerto de Santa Fe se desarrolla entre los Km. 586 y 592 de la Ruta de Navegación, en la Hidrovía Paraná – Paraguay. Une la denominada Boca Exterior (Río Colastiné) con la zona portuaria (Figura 1).



Figura 1.- Ubicación zona de estudio

Fue construido con métodos rudimentarios en el período 1905/10 y ya en esa época se advirtió que durante las crecidas importantes las descargas del valle de inundación del Río Paraná, con sentido general de escurrimiento en forma perpendicular al canal de navegación, podrían afectar las condiciones de navegabilidad en el mismo.

Con el transcurrir del tiempo, el valle aluvial del Río Paraná, al Este de la ciudad de Santa Fe, ha sido progresivamente ocupado por distintos asentamientos (Barrio El Pozo, Ciudad Universitaria, Ceride, etc.) y por el trazado de la Ruta Nacional N° 168, que une las ciudades de Santa Fe y Paraná.

A fin de dotar de mayores condiciones de seguridad a la infraestructura emplazada en la zona se ha llevado a cabo un Plan de Obras que prevé favorecer el escurrimiento en el tramo Santa Fe – La Guardia, mediante la canalización de los aliviadores 3, 5 y 6 de la ruta N° 168. Gran parte del caudal de estos aliviadores es luego conducido hacia el Corte Grande, donde se concentra el flujo y es evacuado hacia aguas abajo en forma perpendicular al sentido de navegación, dentro del canal de acceso al Puerto.

### Objetivo

La Dirección Provincial de Obras Hidráulicas (DPOH) de la Provincia de Santa Fe, suscribió un convenio con la Universidad Nacional del Litoral, para que la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) realice estudios para determinar las afectaciones a la navegación en el canal de acceso al Puerto de Santa Fe, provocadas por el paso de mayores caudales a través del denominado Corte Grande (Figura 1), como consecuencia de las obras de defensa y regulación de crecidas ubicadas en el Distrito de Alto Verde.

El problema presenta la singularidad de un encuentro de

corrientes, donde al flujo propio del canal de acceso, por donde navegan las embarcaciones, se agrega una corriente transversal importante, prácticamente perpendicular al sentido de navegación, generando vórtices y velocidades altas que provocan importantes derivas de las embarcaciones, en un canal de limitado ancho.

El trabajo se presenta al simposio como ejemplo de un problema atípico (Navegación con maniobras restringidas en un encuentro de corrientes) el cual se ha podido analizar mediante la técnica de la modelación física.

### Materiales y métodos

Un análisis de las características hidrodinámicas de este encuentro de flujos, las condiciones de contorno provistas por la morfología de la brecha y el canal de acceso, sumados a la presencia de embarcaciones de gran porte obturando gran parte de la zona de descarga, ha incentivado la decisión de realizar ensayos experimentales de posibles maniobras de buques en esta zona con hidrodinámica compleja.

A tales fines se ha construido un modelo físico (Figura 2) que representa la zona de encuentro de corrientes en el canal de acceso frente al denominado Corte Grande. Su utilización ha sido planificada fundamentalmente para evaluar diferentes alternativas de maniobras posibles para no interrumpir la navegación. También se ha construido un modelo de embarcación tipo, en escala compatible con el modelo físico (1:100), para realizar ensayos de maniobras y extraer resultados extrapolables al prototipo en situaciones reales. El modelo simula la geometría de un buque oceánico tipo Panamax, de 220 m de eslora y 32 m de manga, que representa a las embarcaciones de las mayores dimensiones que podría ingresar y salir con cargas parciales desde el Puerto de Santa Fe.



Figura 2.- Vista del modelo.

Los ensayos experimentales consistieron en simular la navegación del buque tipo (con carga parcial) frente al Corte Grande, ante diferentes condiciones más exigentes de maniobra, maximizando la descarga de caudales por la brecha en combinación con flujos en ambos sentidos por el canal de acceso, que se podrían producir para diferentes

crecidas extraordinarias, en la situación actual y con las obras proyectadas. Estos ensayos se realizaron con dos metodologías. Por una parte en forma estática para medir el campo de velocidades y esfuerzos resultantes sobre el buque, ya sea para programar las posibles maniobras más conveniente y/o controlar los efectos de la corriente sobre el buque utilizando remolcadores de apoyo que eviten la deriva. Por otra parte en forma dinámica, desplazando la embarcación a velocidad constante por el canal frente a la brecha, filmando continuamente y midiendo las derivas producidas, ante diferentes opciones de maniobra, contemplando sugerencias de representantes de la Asociación de Prácticos y Prefectura Naval Argentina.

En ambos casos se ensayaron situaciones según la condición actual, y en forma comparativa considerando las obras de derivación en construcción. Adicionalmente también se realizaron ensayos experimentales incluyendo una obra de ensanche del canal de acceso frente al corte grande.

### Evaluación de resultados

La presencia de la embarcación en el Canal de Acceso frente al corte grande de Alto Verde genera incrementos de velocidades y zonas de vórtices adicionales que tienden a complicar las maniobras aumentando las derivas. La configuración del escurrimiento para las condiciones analizadas adopta una estructura de tipo en curva, ocasionando la deriva de las embarcaciones primero sobre la Isla Clusellas, y luego sobre Alto Verde.

Los ensayos estáticos permitieron determinar los esfuerzos de la corriente actuando sobre el buque en las sucesivas posiciones de avance del mismo a través de la brecha. Las mediciones detalladas del campo de velocidades inducido por la presencia del buque se realizaron en la posición más crítica, que mayores derivas ocasiona. La identificación de estos esfuerzos y posiciones del buque más desfavorables fueron luego tenidas en cuenta para planificar las maniobras de sobrepaso más convenientes durante los ensayos dinámicos, dirigiendo la enfilación inicial del buque hacia el veril rojo, para intentar de contrarrestar al máximo posible los efectos de deriva.

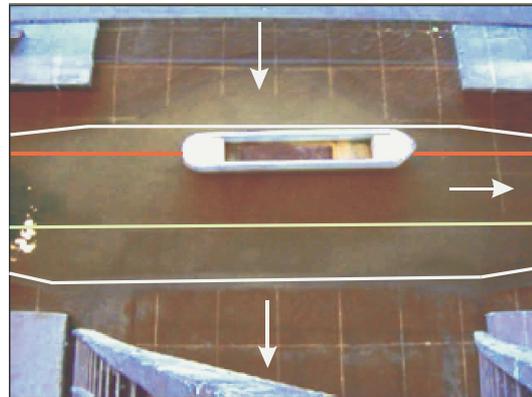


Figura 3.- Ensayo en condiciones actuales.

Bajo estas condiciones y manteniendo en todo el trayecto una velocidad neta de avance no superior a 5 nudos (condición de seguridad exigida por Prefectura Naval Argentina), se realizaron ensayos para diferentes combinaciones de situaciones críticas ocasionadas por crecidas con distintas recurrencias (25, 50 y 100 años), en el escenario actual, y con las obras en ejecución. En varias oportunidades la deriva del buque no ha sido posible

controlar y la embarcación hacía contacto con los veriles del canal no logrando superar la zona (Figura 3).

Posteriormente y en base a los resultados obtenidos, se agregaron ensayos incluyendo obras de dragado para ampliar el ancho de solera del canal frente a la brecha del Corte Grande. El análisis de estos resultados permitió optimizar el sobreancho necesario para mejorar las



condiciones de maniobras (Figura 4).

Figura 4.- Ensayo con sobreancho.

Durante los ensayos se filmó continuamente el avance y cambio de posición del buque sobre una grilla graduada pintada en el modelo, y destacando los veriles del canal de navegación. Se analizó por imágenes secuenciales la evolución de las trayectorias del buque bajo los efectos de las derivas ocasionadas por el caudal transversal de la brecha, en combinación con el flujo propio del canal de acceso.

### Conclusiones

Las afectaciones a la navegación, que en las condiciones sin obras solo se producirían durante el pasaje del pico de una crecida centenaria, en el caso de funcionar las obras de descargas del Corte Grande se extenderían en el tiempo para esta misma crecida centenaria, y adicionalmente provocaría también interrupciones para crecidas de menores recurrencias (mayores a 25 años). Lo expresado indica que las obras de derivación de caudales potencian el impacto sobre la navegación que presenta el Corte Grande.

Los ensayos experimentales muestran que en la situación de proyecto la navegación del buque tipo (Panamax) no ha sido posible sin excederse de los límites actuales del canal de acceso. Esto ha motivado la sugerencia de incluir una obra de dragado de ensanche de la solera del canal, cuyo diseño tendría como objeto no solo equiparar las condiciones actuales de navegación sino mejorarlas. La repetición de los ensayos, incluyendo esta obra de dragado de ensanche del canal de acceso, ha dado como resultado que, a pesar de las importantes derivas ocasionadas por las descargas transversales del corte grande, el buque tipo utilizado como modelo ha logrado superar la zona sin hacer contacto con las márgenes del canal.

El trabajo realizado a través de ensayos experimentales utilizando modelación física permitió resolver un problema atípico para la navegación planificada, que se produciría en el Canal de Acceso al puerto de Santa Fe. En un tramo del mismo las embarcaciones repentinamente se someterían a una fuerte corriente transversal, que les ocasiona importantes derivas, en un canal de navegación con limitadas dimensiones para maniobrar.