

# ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO Y MORFOLÓGICO DEL DESVÍO DEL ARROYO CORRALES, RIVERA, URUGUAY

Guillermo López<sup>1</sup>, Raúl López Pairet<sup>2</sup>, Christian Chreties<sup>1</sup> y Luis Teixeira<sup>1</sup>.

1-Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería Universidad de la República, Uruguay

2- Ingeniero Asesor de la empresa Loryser S. A.

[glopez@fing.edu.uy](mailto:glopez@fing.edu.uy), [raul.lopezpairet@gmail.com](mailto:raul.lopezpairet@gmail.com), [chreties@fing.edu.uy](mailto:chreties@fing.edu.uy), [luistei@fing.edu.uy](mailto:luistei@fing.edu.uy)

## Introducción

La empresa Loryser S.A., explota actualmente una mina, denominada "El Arenal", sita en la 5ta. Sección Judicial del departamento de Rivera. A los efectos de extender la explotación actual de la mina se propone una obra de desvío y canalización de un tramo del arroyo Corrales al oeste de dicha cantera, como lo indica la Figura 1. Para ello la empresa ha proyectado dos diques de protección, situados al comienzo y final del desvío del arroyo, de sección heterogénea: núcleo de suelo arcilloso compactado y faldones de material granular estéril (ausencia de mineral). La excavación del nuevo cauce se realiza en roca, con una longitud aproximada de 1250 m, sección trapezoidal de 40 m de ancho de fondo y una pendiente de 0.19 %; previéndose trayectos curvos en varios sitios.

A solicitud de la empresa se realiza un estudio orientado al análisis de la viabilidad desde el punto de vista de la ingeniería hidráulica del proyecto del desvío y a la identificación de las acciones requeridas para asegurar la estabilidad del nuevo cauce. El estudio se centra en los aspectos físicos del funcionamiento del arroyo: hidrología de las cuencas de aporte, hidrodinámica, hidro-sedimentología y geomorfología del arroyo.

En este artículo se presentan la metodología y resultados del análisis realizado en cuanto a la estabilidad sedimentológica del arroyo y la obra del desvío. Entre los resultados se destaca la caracterización hidro-sedimentológica del arroyo Corrales en las condiciones con y sin desvío, la caracterización geomorfológica y el comportamiento fluvial de la traza del desvío propuesto.

## Metodología

Metodológicamente el estudio se basa en la modelación numérica sedimentológica del mismo tramo del arroyo y el análisis de la estabilidad fluvial del nuevo trazado propuesto a partir de la caracterización geomorfológica del tramo de arroyo incluyendo el desvío proyectado.

La modelación hidro-sedimentológica del arroyo Corrales se realizó para eventos extremos de caudal, buscando determinar posibles variaciones en el régimen sedimentológico de alguna zona del arroyo como consecuencia de las obras de desvío propuestas. Para ello, se implementó la topografía del lecho y planicie de inundación del tramo a modelar del arroyo, así como las características granulométricas del arroyo. Estas últimas fueron determinadas a partir de un relevamiento del arroyo que se llevó a cabo en el marco de este convenio, donde se colectaron 14 muestras de material de fondo del cauce tomadas en las zonas de interés. Una vez analizadas las muestras en el laboratorio, se definieron los parámetros  $d_{50}$  y desviación del sedimento en cada sección a modelar.

La modelación hidro-sedimentológica se llevó adelante utilizando los módulos hidrodinámico y de transporte de sedimentos del software MIKE 11 del DHI, el cual permite resolver las ecuaciones del flujo transitorio unidimensional a superficie libre (Saint-Venant) acopladas con la ecuación de balance de masa de sedimentos y una ecuación de

transporte de sedimentos.

Se simuló el transporte de sedimento para el evento de abril de 2002 (máximo registrado) fijando como condición de borde en la represa de OSE caudal sólido nulo. Se determinó en cada sección la evolución temporal del fondo del cauce y el transporte de sedimentos. Se repitió la simulación en el caso de la nueva traza del arroyo y se compararon los resultados para el fondo del cauce y transporte de sedimentos, observando que desde el punto de vista sedimentológico no existen impactos significativos por la construcción de las obras proyectadas.

Por otra parte, se estudió el **comportamiento fluvial** de la traza del desvío del arroyo propuesto por la empresa, analizando las características naturales del mismo y las condiciones de estabilidad del nuevo trazado.

## Resultados

El transporte de sedimentos, así como la erosión y sedimentación del mismo depende tanto de las características hidrodinámicas como de la granulometría del lecho. En la salida de campo realizada el 9 y 10 de noviembre pasado, se efectuaron muestreos a fin de caracterizar granulométricamente el lecho del tramo del arroyo en estudio.

A grandes rasgos se puede decir que en el tramo que va desde el puente de la ruta 28 hasta donde comienza el tramo que presenta los afloramientos rocosos se tiene arena gruesa y grava y aguas abajo del tramo rocoso arena fina. Si se tiene en cuenta que las pendientes de los 2 tramos mencionados son 0.0013 (aguas arriba del afloramiento rocoso) y 0.0001 (aguas abajo del afloramiento rocoso), la descripción granulométrica anterior, resulta coherente con las pendientes respectivas que presentan esos tramos.

La modelación hidro-sedimentológica se llevó a cabo mediante el código numérico MIKE 11 del DHI, en la modalidad "morfológica", esto significa que se determinó el transporte de sedimento, así como la evolución del fondo y la erosión y sedimentación en cada sección a partir de la resolución acoplada de las ecuaciones del flujo hidrodinámico con las ecuaciones de transporte de sedimento.

Las diferencias entre los niveles de lecho para las situaciones con y sin obras son muy pequeñas, el movimiento del fondo es mayor aguas arriba, mientras que aguas abajo es prácticamente inexistente.

La diferencia máxima en la situación final del lecho con y sin obras es aproximadamente 20cm, lo que se entiende es menor a la precisión de la modelación hidro-sedimentológica realizada. Por tal motivo, se puede concluir que respecto a la evolución del fondo no habrá cambios significativos introducidos por la obra.

En cuanto al transporte de sedimento, los resultados para una sección transversal aguas arriba y una aguas abajo muestran que su diferencia es prácticamente insignificante.

En la zona de afloramiento rocoso no existe erosión por las características del material del lecho. Además los resultados

del modelo muestran que no se produce deposición de sedimento en dicho tramo, lo que es razonable considerando la fuerte pendiente de fondo que este presenta.

Como conclusión general se puede afirmar que las obras proyectadas del desvío del arroyo Corrales no afectan el comportamiento sedimentológico del mismo.

La conclusión anterior, valida los resultados de la modelación hidrodinámica efectuada en condiciones de lecho fijo.

En cuanto a la caracterización geomorfológica, el tramo del arroyo Corrales en el cual se establecerá el desvío pertenece a su tramo medio inferior, en esta zona el arroyo presenta una pendiente media de 0.0013, aproximadamente a 2 km aguas abajo de la finalización del desvío la pendiente media disminuye notoriamente adquiriendo el valor 0.0001. De acuerdo al criterio de Schumm (Schumm, 1977, 1994) se trata de la zona de transferencia del arroyo (Schumm distingue entre cuenca de recepción donde los ríos reciben su carga líquida y sedimentológica, zona de transferencia, donde si el cauce es estable las entradas de sedimentos igualan a las salidas, y zona de depósito, en la cual el río pierde su capacidad de transporte).

El arroyo Corrales es un arroyo aluvial, aunque aguas arriba de la zona de desvío y en esta misma, hay tramos en que el lecho y las márgenes están encajados en la roca. Posee cauce y canal único y se desarrolla en una llanura fluvial de inundación. Tanto la zona donde se encuentra el desvío como la zona de aguas abajo son meandriformes.

Si bien un curso meandriforme desde el punto de vista geológico implica una situación no estacionaria, desde el punto de vista ingenieril, con una escala de tiempo menor, es una situación de comportamiento estable porque por un lado baja la pendiente y la capacidad de transporte del cauce y por otro lado la existencia de corrientes secundarias (en el plano perpendicular al eje del curso) tiende a mantener el cauce despejado.

En cuanto al tramo del desvío, en términos generales puede decirse que desde el punto de vista morfodinámico el desvío no implicará modificaciones importantes, tanto en las zonas situadas aguas abajo como aguas arriba del mismo. En efecto, el cambio de pendiente general introducido por el desvío es mínimo. Por otra parte la estabilidad morfológica del propio desvío parece asegurada por el hecho de estar excavado en roca y por haberse previsto una adecuada protección de márgenes con enrocamiento, en las zonas donde aquellas están conformadas en terreno no rocoso.

Desde el punto de vista de la estabilidad, considerando que para los eventos extremos estudiados el flujo en el tramo del desvío es subcrítico, (lo que asegura la estabilidad hidrodinámica) y que el canal es proyectado en roca en toda su longitud, (lo que asegura la estabilidad morfológica), no se prevén a mediano plazo alteraciones significativas de la nueva traza.

## Conclusiones

A los efectos de analizar la viabilidad desde el punto de vista de la ingeniería hidráulica del proyecto de desvío, se realiza el presente estudio, basado en la modelación numérica hidro-sedimentológica del tramo del arroyo Corrales entre la represa de OSE y la confluencia con el arroyo Cuñapirú, así como en el análisis de la estabilidad fluvial del nuevo trazado propuesto. A partir de dicha modelación, desde el punto de vista hidro-sedimentológico, no se aprecian alteraciones significativas en el régimen del transporte de sedimentos ni en el lecho del cauce en relación

a la situación del arroyo sin obras. En cuanto a la estabilidad de la nueva traza, no se prevén a mediano plazo alteraciones significativas de la misma.

Se concluye entonces que de acuerdo a la información disponible y a los elementos técnicos manejados en este documento, no existen elementos que muestren impactos significativos, desde el punto de vista de la ingeniería hidráulica, como consecuencia de la implantación del desvío del arroyo Corrales propuesto por la empresa.

## Referencias Bibliográficas

- IMFIA** (2008). Estudio de las Actuaciones de Ingeniería Propuestas para el Desvío del Arroyo Corrales. Convenio: LORYSER S.A. – IMFIA (UdelaR-FI), Informe final.
- Julián, P. Y.** (2002). River Mechanics. Cambridge University Press.
- Kundu, Pijush K.** (1990). Fluid Mechanics. Academia Press, Inc.
- Lane E.W.** (1957). A study of the shape of channels formed by natural streams flowing in erodible material, Omaha: US Army Engineer Division, Missouri River.
- Leopold, L. Wolman, M.** (1957). River Channel Patterns: Braided, Meandering and Straight. U.S. Service Geological Service, Professional Paper N° 282-B.
- Leopold, L., Wolman M. and Millar J.** (1964). Fluvial Processes in Geomorphology, Dover, New York.
- Schumm, S.A.** (1977). The Fluvial System, John Wiley.
- Schumm, S. and Winkley, B.** (1994). The variability of large alluvial rivers. ASCE, New York.
- Van Rijn, L.C.** (1986). Sediment Transport Measurements, Delft Hydraulics Laboratory.
- Van Rijn, Leo C.** (1993). Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas. Aqua Publications.
- Yalin, M. S.** (1977). Mechanics of Sediment Transportation, Pergamon Press, 2nd edition, Oxford, England.