

ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO EN EL EMBALSE DE AGUAS CORRIENTES PARA LA UBICACIÓN DE UNA OBRA DE TOMA PARA LA PLANTA POTABILIZADORA DE MONTEVIDEO Y LA REGIÓN METROPOLITANA.

Rodrigo Alonso, Christian Chreties, Guillermo López y Luis Teixeira

Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería Universidad de la República, Uruguay
chreties@fing.edu.uy, ralonso@fing.edu.uy, glopez@fing.edu.uy, luistei@fing.edu.uy

Introducción

La Administración Nacional de Obras Sanitarias del Estado (OSE) tiene a su cargo el abastecimiento de agua potable de todo el Uruguay. Particularmente, en cuanto a la Región Metropolitana (Montevideo y alrededores), el sistema de abastecimiento tiene como fuente el río Santa Lucía, afluente del Río de la Plata, localizado al oeste de la ciudad de Montevideo. Este sistema de abastecimiento consta de una planta de potabilización ubicada en la localidad de Aguas Corrientes (50 Km. al noroeste de Montevideo) y actualmente 5 líneas de bombeo y distribución. La planta de Aguas Corrientes brinda el abastecimiento de agua a una población de 1.700.000 habitantes. El suministro de agua bruta hacia la planta potabilizadora se realiza por medio de un conjunto de bombas que toman agua en forma directa del embalse de una presa de regulación del nivel, emplazada en el curso principal del río Santa Lucía. (Figura 1).

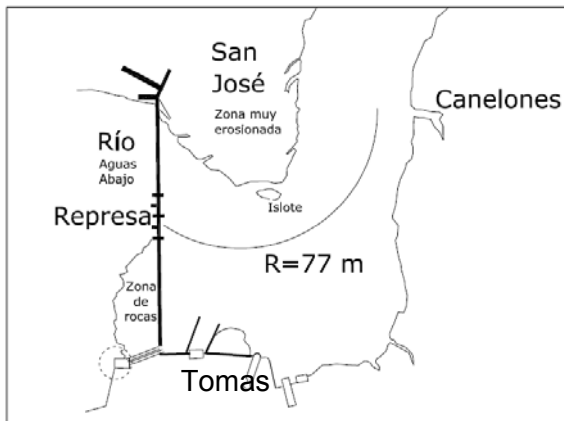


Figura 1.- Presa y embalse de Aguas Corrientes. Zona de Tomas

El embalse generado por la presa de Aguas Corrientes tiene una profundidad media de 3.5 m, siendo capaz de almacenar a cota de vertido 1.800.000 m³. La presa admite la operación de 2 compuertas de fondo que permiten la descarga del embalse en situación de crecida. Esta operación habilita el transporte de sedimentos a través de la presa. Particularmente el emplazamiento de las tomas ocurre en una zona en curva del río cuyo desarrollo natural (meandro) se ve alterado por la presencia de la presa de regulación. Esta zona presenta una fuerte curvatura donde tiene lugar un cambio en la dirección del flujo mayor a 90°. El radio de curvatura es de 77 metros y la profundidad media de flujo es de 3.5 metros.

La OSE tiene proyectado la construcción de una nueva línea de bombeo (6ta línea), lo que implica la construcción de una nueva obra de toma en del río. Su ubicación en planta y en altura resulta determinante desde el punto de vista de su funcionamiento hidro-sedimentológico. En particular se debe asegurar:

- 1.- Minimizar el ingreso de sedimento del lecho a la toma y los efectos erosivos sobre el lecho del cauce-embalse
- 2.- Minimizar el ingreso de aire a la toma vinculada al desarrollo de estructuras vorticosas que alcancen la superficie libre del flujo.
- 3.- Asegurar un correcto funcionamiento hidráulico del sistema de toma para el nivel mínimo hidrológico del embalse.

Objetivos

El objetivo de este trabajo es presentar la metodología empleada para la caracterización del funcionamiento hidro-sedimentológico del río Santa Lucía en la zona del embalse y la propuesta de ubicación para la nueva toma que permita cumplir con los criterios hidro-sedimentológicos requeridos para su adecuado funcionamiento.

Materiales y Métodos

El problema fue abordado esencialmente mediante el análisis de la evolución histórica de la traza del río y la batimetría del embalse. Se dispuso de un conjunto de fotos aéreas e imágenes satelitales abarcando el período 1960-2008, donde se analizaron los cambios de traza en planta del río. Por otra parte, se dispuso de 5 batimetrías del embalse abarcando un período de 80 años de evolución, en las siguientes fechas: 1928, 1950, 1988, 2006 y 2008. El análisis de la evolución sedimentológica del embalse se realizó en base al tratamiento numérico de la información batimétrica. En este sentido, se realizó un modelo digital del terreno para cada una de las batimetrías siguiendo el método TIN (Triangular Irregular Net). Por otra parte, se realizó una campaña de muestreo del sedimento del fondo del embalse a los efectos de caracterizar la distribución espacial de tamaños granulométricos. Se tomaron 10 muestras cubriendo la zona del embalse y la zona del río aguas arriba. Los tamaños medios encontrados varían entre 0.2 y 1.05 mm. Por otra parte, se dispuso de información hidrométrica diaria de niveles históricos en el embalse, con la cual a partir de un análisis estadístico se determinaron los valores medios, mínimos históricos y la curva de permanencia de niveles. En base a la información hidrométrica, la información batimétrica analizada, la caracterización de tamaños de sedimento del lecho y considerando los aspectos teóricos del flujo en una curva en ríos aluviales, se establecieron los patrones generales hidro-sedimentológicos y las recomendaciones para la ubicación en planta y cota de la nueva toma.

Evaluación de Resultados

A partir de los datos geométricos e hidrométricos (caudal medio y formativo) del río y considerando la clasificación de Schumm y los criterios de Leopold y Wolman (García, 2008), se obtiene que la zona del río bajo estudio pertenece al tramo medio del curso,

teniendo una configuración en planta básicamente meandriforme y presentando en algunos casos la configuración típica de barras alternadas, esencialmente en las zonas de curvas. Desde el punto de vista de la estabilidad general de su traza, se encontró que no existen cambios ni tendencias de evolución significativos registradas en los últimos 50 años.

El análisis de las distintas batimetrías permitió identificar en términos globales mayores profundidades en la zona exterior de la curva respecto a las que se observan en la margen interior. En particular existen zonas de erosión (“pozos”) que se ubican en la parte externa de la curva. En este sentido, se realizó un análisis del perfil batimétrico teórico, Julien (2002), y se comparó con el perfil batimétrico existente. Los resultados muestran que el patrón teórico de flujo en curva se respeta en la zona de curva más alejada a la presa, pero no así en la zona de curva próxima a la misma. Esto ocurre debido a la modificación que sufre la hidro-sedimentología de la zona como consecuencia de la existencia de la presa y la gestión de sus compuertas.

Las superficies generadas a partir de los modelos digitales de terreno realizados para cada una de las batimetrías disponibles, fueron comparadas entre sí. Esto posibilitó analizar de forma cualitativa y cuantitativa los cambios en la batimetría del embalse. En la Figura 2 se presenta la batimetría correspondiente a los años 1928 y 2008.

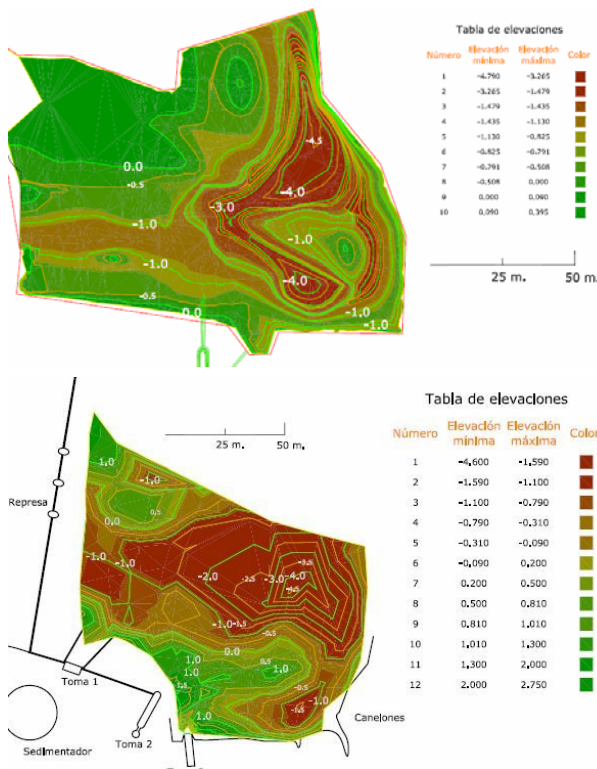


Figura 3.- Modelo numérico de Terreno. Batimetría del embalse 1928 (arriba) 2008 (abajo)

El volumen acumulado en los 80 años fue del orden de 2500 m³, lo que se corresponde con un aumento de la elevación media del embalse del orden de 30 cm. Si bien esta sedimentación en el embalse no se distribuye de manera uniforme ya que existen algunas zonas que muestran muy pocos cambios en cada una de las batimetrías analizadas en el período de 80 años. En particular, se encuentran dos zonas socavadas (“pozos”) típicos de la zona externa de curvas en cursos aluviales,

cuyas profundidades registran muy pocos cambios a lo largo de los 80 años.

A los efectos de minimizar el ingreso de aire a la toma vinculada al desarrollo de estructuras vorticosas que alcancen la superficie libre del flujo, se siguieron las recomendaciones de Knauss (1987), resultando una sumergencia mínima de 1.5 veces el diámetro de toma. En cuanto al ingreso de sedimento del fondo a la toma y los efectos erosivos sobre el lecho del embalse se consideraron los planteos de Razvan (1989) y Knauss (1987), resultando para este caso una distancia mínima del fondo de no intrusión igual al diámetro de la toma.

Conclusiones

Se realizó una caracterización hidro-sedimentológica del río Santa Lucía y el embalse regulador en la zona de Aguas Corrientes. Se utilizó información batimétrica del embalse (80 años), información de la traza del río en planta (50 años), información del sedimento del lecho e información histórica hidrométrica. En este sentido se encontró que la zona de estudio corresponde a un flujo en curva abrupta en un cauce aluvial modificado por la presencia de un embalse y por la gestión de sus compuertas. Por tal motivo, el patrón de flujo en curva teórico se representa adecuadamente en la zona de la curva más alejada del embalse pero resulta alterado en la zona de la curva próxima al embalse. Se encontró así que existen zonas de erosión en la zona externa de la curva (alejadas de la presa) que presentan muy poca variación histórica.

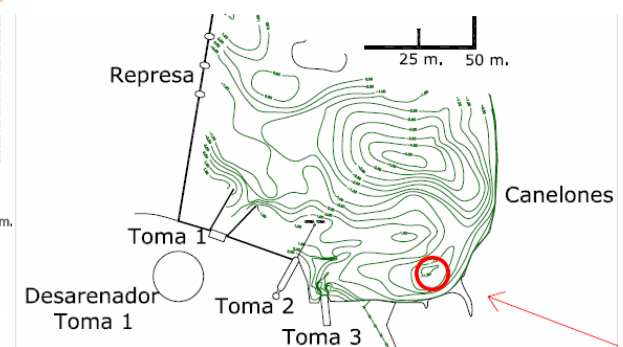


Figura 4.- Ubicación en planta propuesta para la nueva toma.

En este sentido, se recomienda la ubicación en planta de la toma, en la zona de erosión (“pozo”) más cercana a la costa, lo que permite disponer de una profundidad adecuada para cumplir con los requerimientos de sumergencia y distancia al fondo (Figura 4). Por otra parte, esa zona tiene la estabilidad sedimentológica requerida para el correcto funcionamiento de la toma.

Referencias Bibliográficas

Bridge, J. (1992) “A revised model for water flow, sediments transport, bed topography and grain size sorting in natural river bends”, Water Resources Research, Vol 28, N° 4, pp 999-1013.

García, M. (2008) “Sedimentation Engineering. Processes, Measurements, Modeling, and Practice”. ASCE.

IMFIA (2008). “Estudio Hidro-Sedimentológico para la ubicación de la toma del nuevo sistema de bombeo de agua bruta de la planta de Aguas Corrientes”, convenio: OSE-UdelaR-IMFIA, Informe final

Julien, P. Y. (2002) *River Mechanics*. Cambridge Univ. Press.

Knauss, J. (1987) “Swirling Flow Problems at Intakes”, Taylor and Francis.

Razvan, E. (1989). “Rivers Intakes and Diversion Dams”. Elsevier