

## **Tránsito inverso para la estimación de avenidas de ingreso a vasos en tiempo real**

Ernesto Aguilar Garduño, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Mor. Mex.  
María de los Ángeles Suárez Medina, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Mor. Mex.  
Doroteo Treviño Puente, Comisión Nacional del Agua, N. L. Mex.  
Horacio Rubio Gutiérrez, Comisión Nacional del Agua, D. F. Mex.  
[eaquilar@tlaloc.imta.mx](mailto:eaquilar@tlaloc.imta.mx)

Para la estimación de avenidas de diseño en presas, se utilizan eventos históricos medidos con una estación hidrométrica instalada previamente en el lugar donde se construiría posteriormente la cortina de la presa o en un lugar cercano al sitio. Una vez construida la presa, la continuación de los registros hidrométricos se estima mediante la técnica del antitránsito de avenidas de ingreso a vasos, también conocida como tránsito inverso de avenidas, con dicha metodología es posible utilizar al vaso de la presa como un dispositivo de aforo.

Es importante mencionar que de los eventos históricos registrados en la estación hidrométrica, muchos de ellos realmente son estimados y no medidos, ya que cuando ocurren esas grandes avenidas, los aforadores por seguridad no miden el gasto máximo, solamente lo estiman de acuerdo a las elevaciones máximas registradas.

El antitránsito de avenidas en vasos, tradicionalmente exhibe oscilaciones espurias que son producto de una inestabilidad numérica del esquema discreto utilizado. Históricamente esa inestabilidad ha impedido que los valores obtenidos de las avenidas de ingreso calculadas con el antitránsito sean aceptados plenamente. Es frecuente que dichas oscilaciones, sean "corregidas" con diferentes técnicas que las eliminan o reducen, como es de imaginarse, dichas correcciones modifican el volumen de ingreso al vaso.

Para la aplicación del tránsito inverso, se utilizan los registros de operación de la presa correspondientes a los registros de elevación de la superficie libre del agua en el vaso y de operación de las obras de toma y de excedencias, así como la utilización de las relaciones elevaciones-capacidades y elevaciones-descargas para convertir dichos registros en hidrogramas de salida y series de tiempo de los volúmenes almacenados.

Los antitránsitos se llevan a cabo resolviendo numéricamente la ecuación de continuidad en forma inversa, calculando el gasto de ingreso al vaso a partir del gasto de egreso y de la tasa de cambio del almacenamiento (Aldama y Aguilar, 1996).

Las últimas modificaciones del método de tránsito inverso o antitránsito de avenidas de ingreso a vasos, permitieron una mejor eliminación de las oscilaciones espurias que impiden una estimación del hidrograma de ingreso más aproximada a la realidad física.

El resultado ha sido mejorado de tal manera que permitió su utilización para estimar en tiempo casi real los hidrogramas que están ingresando al vaso, con esto, los tomadores de decisiones tienen una herramienta adicional que les permiten tomar una mejor decisión al momento de evaluar la opción de extraer mayor cantidad de agua o dejar cerradas las compuertas para seguir almacenando la avenida de ingreso.

Esta última aplicación, puede ser cuestionada, es posible que se crea que una estación hidrométrica para realizar la medición antes del ingreso al vaso permita que las decisiones tomadas tengan mejor sustento, en realidad contar con mediciones en ese punto sería de gran valor, pero, en donde existen estaciones hidrométricas, como ya se comentó, a veces, en esas grandes avenidas, los escurrimientos son estimados por la imposibilidad de hacer

mediciones con grandes caudales, precisamente el antitránsito permite “medir” bajo esas condiciones extremas, ya que no se pone en riesgo la vida de nadie.

En la utilización del antitránsito en problemas reales para una aplicación en tiempo real, se descubrió que el registro puede exhibir una nueva oscilación, lo cual podría motivar una decisión con base en un cálculo incorrecto, en este trabajo, se muestran problemas detectados y se propone la solución para evitarlos.

Se concluye que el método modificado exhibe un mejor comportamiento con la corrección propuesta, luego entonces, que es una herramienta que sigue siendo muy útil y que mientras no se tengan estaciones hidrométricas instaladas en la entrada de los vasos, o que no se cuente con una corrección a los problemas de medición en el paso de las grandes avenidas, el método es la mejor opción para los tomadores de decisión en la operación de presas durante el paso de las grandes avenidas, sobre todo para aquellas que pueden estar sujetas a llenados rápidos.

## **Referencias**

Alvaro Aldama, Ernesto Aguilar. (1996), Antitránsito de avenidas en vasos, XVII Congreso Latinoamericano de hidráulica. Guayaquil – Ecuador, 1996

Gear, C.W. (1971), Numerical Initial Value Problems in Ordinary Differential Equations, Prentice-Hall.

Fantula, S.O. (1988), Numerical Methods for Inicial Value Problems in Ordinary Differential Equations, Academic Press.

Mickens, R.E. (1987), Difference Equations, Van Nostrand Reinhold.

Ponce, V.M. (1989), Engineering Hydrology-Principles and Practices, Prentice-Hall.