

# ESTIMACIÓN DE NIVELES MÁXIMOS ORDINARIOS (NAMO) DE INVIERNO Y DE VERANO PARA UNA PRESA HIDROELÉCTRICA DE MÉXICO

Ramón Domínguez Mora, Maritza Liliana Arganis Juárez, Eliseo Carrizosa Elizondo  
y Rosalva Mendoza Ramírez

Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

E-mail: rdm@pumas.iingen.unam.mx; MArganisJ@iingen.unam.mx; ecae@pumas.iingen.unam.mx; rmr@pumas.iingen.unam.mx

## Introducción

El noroeste de México se caracteriza por la ocurrencia ocasional de eventos de precipitaciones extraordinarias, durante el invierno conocidas como “equipatas”, que se traducen en un incremento en los escurrimientos en esa época del año. Esta condición climática natural tiene repercusiones en los volúmenes de ingreso a obras hidráulicas presentes en corrientes de agua superficial. Tal es el caso de la presa hidroeléctrica Luis Donaldo Colosio (“Huites”), ubicada sobre el río Fuerte en el estado de Sinaloa (Figura 1) (Monroy et al., 2013). El organismo operador de este embalse es la Comisión Federal de Electricidad quien junto con la Comisión Nacional del Agua tiene particular interés en la adecuada operación de las obras de excedencias de presas como la señalada. En este estudio se realizó una actualización de la avenida de diseño del vertedor de la presa Huites, usando el método de Instituto de Ingeniería, que se ha aplicado ampliamente en distintas cuencas de México (Domínguez et al., 2012), pero con la variante de obtener hidrogramas de diseño para dos épocas del año: la denominada verano que comprende los meses de abril a septiembre y la época de invierno, desde octubre hasta marzo. Los hidrogramas de diseño de verano y de invierno para un periodo de retorno de 10,000 años fueron transitados probando distintas elevaciones iniciales y políticas de operación, hasta definir un nivel de aguas máximo ordinario (NAMO) distinto para cada época del año, de manera que se evite el riesgo de falla hidrológica de la presa, durante su operación.



Figura 1.- Ubicación de la presa “Huites”, Sin., sobre el río Fuerte, México.

## Metodología

### Método del Instituto de Ingeniería

El método del Instituto de Ingeniería parte del registro histórico de gastos medios diarios de ingreso al embalse. En este estudio se obtienen, para cada año, los valores de los gastos medios

máximos de verano (meses de abril a septiembre) e invierno (meses de octubre a marzo) para las duraciones de un día hasta una duración crítica de 16 días. A los registros correspondientes a cada duración se les realiza un análisis de frecuencias para obtener eventos de diseño de verano y de invierno para distintos periodos de retorno.

Para construir el hidrograma de diseño para un periodo de retorno dado, se seleccionan los gastos medios máximos diarios de 1 a 16 días y con estos valores se estiman los gastos diarios o individuales y se le da forma al hidrograma con el método de bloques alternos.

### Tránsito de avenidas

El tránsito de avenidas o laminación de avenidas utiliza la ecuación de continuidad y la curva de elevaciones-capacidades-descargas por la obra de excedencias, para estimar el hidrograma que sale por la obra de excedencias, dado un hidrograma de entrada al embalse, a partir de una propuesta de elevación y almacenamiento iniciales en el embalse (Aparicio, 2012).

## Aplicación y resultados

Inicialmente se obtuvo la avenida de diseño usando todos los datos sin distinción de época del año y para una duración de 40 días. La simulación del tránsito de esta avenida permitió definir el tiempo base o duración crítica que se estableció de 16 días para usarlo en la obtención de las avenidas de verano y de invierno.

### Avenida de diseño de verano para un $Tr=10,000$ años

Al aplicar el método del Instituto de Ingeniería a los gastos medios máximos de verano para duraciones de 1 a 16 días, el análisis de frecuencias dio como funciones de mejor ajuste las de tipo Doble Gumbel (en la Figura 2 se ejemplifica el caso para la duración de un día). La avenida de diseño obtenida para el verano se observa en la Figura 3, con un gasto medio diario máximo de  $6886.79 \text{ m}^3/\text{s}$ .

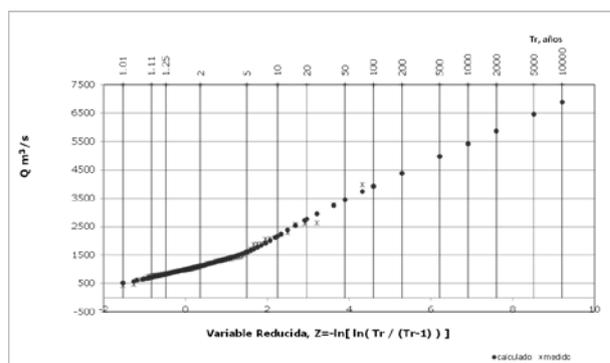
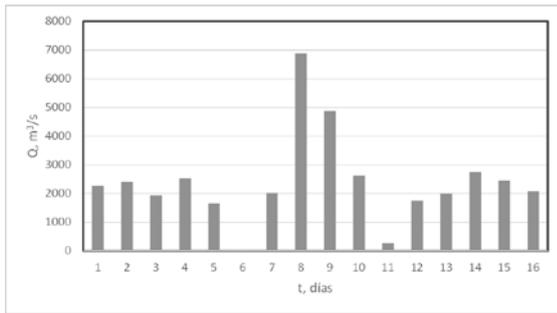


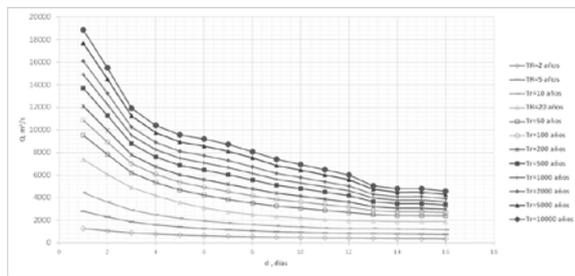
Figura 2.- Ajuste Doble Gumbel para el gasto medio máximo de verano duración de 1 día.



**Figura 3.-** Avenida de diseño de verano,  $Tr=10,000$  años. Presa Huites, Sin., México.

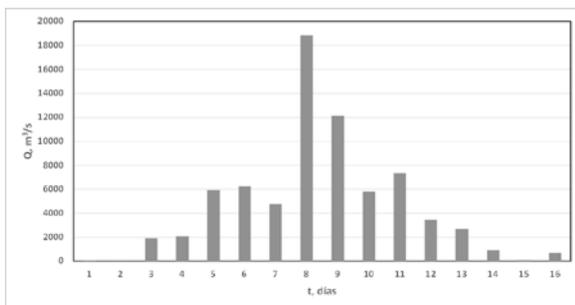
Avenida de diseño de invierno para un  $Tr=10,000$  años

Para el caso de los datos de invierno, del análisis de frecuencias también se seleccionaron funciones Doble Gumbel y se construyeron las curvas gasto-duración-periodo de retorno-(Figura 4).



**Figura 4.-** Curvas gasto-duración-periodo de retorno. Invierno. Huites, Sin., México.

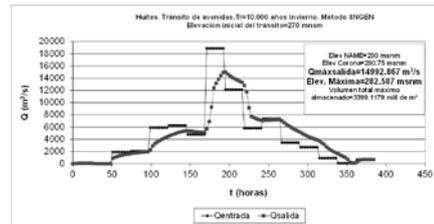
La avenida de diseño de invierno, correspondiente a un periodo de retorno de 10,000 años se ilustra en la Figura 5.



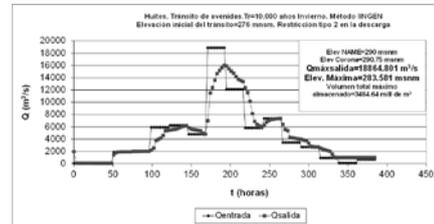
**Figura 5.-** Avenida de diseño de Invierno,  $Tr=10,000$  años. Presa Huites, Sin., México.

Tránsito de avenidas

Se realizó el tránsito de las avenidas de verano y de invierno, primero considerando el NAMO que actualmente maneja el organismo operador del embalse (270 msnm) y la política de operación actual; Debido a que el nivel máximo alcanzado en el embalse quedaba muy por debajo del NAME, se realizaron 2 nuevas simulaciones: 1) para la avenida de verano se propuso la condición de elevación inicial del embalse de 285 msnm y una política de descarga más conservadora a partir de ese nivel 2) para la avenida de invierno se propuso como condición una elevación inicial de 276 msnm y con una política de descarga distinta a la del verano. Los resultados de los dos tránsitos propuestos para la avenida de invierno se observan en las Figuras 6 y 7.

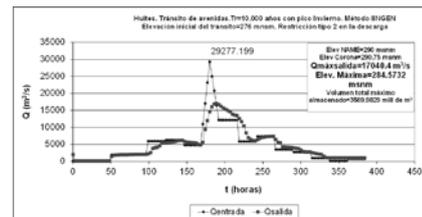


**Figura 6.-** Tránsito de avenidas  $Tr=10,000$  años Invierno. NAMO actual. Presa Huites, Sin., México.



**Figura 7.-** Tránsito de avenidas  $Tr=10,000$  años Invierno. NAMO modificado de invierno. Presa Huites, Sin., México.

Adicionalmente se consideró darle una forma al gasto de pico de las avenidas de diseño, conservando el volumen al centro del hidrograma, con el fin de verificar el valor de la elevación máxima alcanzada por el embalse. En la Figura 8 se indica el resultado para la avenida de invierno; se observa que la elevación máxima del agua es casi un metro más que cuando no se considera el pico de la avenida, pero aún sin peligro de rebase del NAME.



**Figura 8.-** Tránsito de avenidas  $Tr=10,000$  años dando forma al gasto de pico de la avenida de Invierno. NAMO invierno. Presa Huites, Sin., México.

### Conclusiones

Se definieron valores del nivel de aguas máximo ordinario NAMO para dos épocas del año para la presa Huites, mediante la actualización de las avenidas de diseño para el invierno y para el verano. Para las avenidas de invierno, que son las más conservadoras, se logró sobrelevar el NAMO original en 6 m (proponiéndolo a la elevación 276 msnm), además de plantear una nueva política de operación del vertedor con lo que se conseguiría un mayor almacenamiento en el embalse, sin riesgo de rebase del nivel de aguas máximo extraordinario NAME (290 msnm) debido a que la elevación máxima que se podría alcanzar en la época de invierno sería de cerca de 284 msnm en el caso de que se tome en cuenta un gasto máximo de entrada de 29277 m<sup>3</sup>/s.

### Referencias

Aparicio, M. F.J. (2012). *Fundamentos de hidrología de superficie*. Limusa, Ciudad de México, México.

Domínguez, M. R. and M.L. Arganis J. (2012). "Validation of methods to estimate design discharge flow rates for dam spillways with large regulating capacity". *Hydrological Sciences Journal* Vol. 57 No. 3, March,2012, pp 1–19.

Monroy, C. V., Arganis, J. M.L., Carrizosa E. E. y Domínguez, M. R.(2013). "Comparación de dos métodos para actualizar avenidas de diseño de la presa Huites, Sin.". *Memorias III Jornadas de Ingeniería del Agua*, Valencia, España.