

CÁLCULO DE LA CURVA ELEVACIÓN-CAUDAL PARA DISEÑAR OBRAS DE DESVÍO EN LA CONSTRUCCIÓN DE PRESAS A TRAVÉS DE UN SISTEMA INFORMÁTICO

Citlalli Astudillo Enríquez, José Avidán Bravo Jácome
Excel Technica Services de México, Morelos, México, xitlae@gmail.com; Instituto Mexicano de
Tecnología del Agua, Morelos, México, jose_bravo@tlaloc.imta.mx

INTRODUCCIÓN

La construcción de obras de desvío en México tiene varios siglos atrás, lo que indica una progresión lógica en términos de complejidad como de habilidad de los constructores, dicha complejidad ha llevado a la necesidad de implementar metodologías más elaboradas, lo que requiere la aplicación de métodos numéricos que necesitan de largos tiempos de proceso para su realización. El uso de aplicaciones informáticas como herramientas para realizar procesos de cálculo en diferentes ramas de la ingeniería va en aumento, debido a que son utilizados para el manejo y procesamiento de la información. El cálculo para el diseño de una obra de desvío utilizada en la construcción de una presa requiere de tres diferentes cálculos que actualmente se realizan de manera independiente, por lo que es conveniente considerar el diseño de un sistema que permita la integración de los mismos. Lo que se busca con este trabajo es reducir el tiempo de procesamiento al lograr enlazar la información de salida de los procesos con la entrada del otro proceso. En el artículo se presenta un ejemplo de aplicación del sistema para el cálculo de la curva caudal – elevación en la entrada de una obra de desvío.

OBJETIVO

Desarrollar un sistema para el cálculo de la Curva Elevación-Caudal en la entrada de una obra de desvío.

METODOLOGÍA

El sistema que se presenta en este trabajo está enfocado en la obtención de la gráfica curva Elevación-Caudal en la entrada de una obra de desvío para la construcción de una presa a través de una herramienta programada en el lenguaje de programación JAVA, utilizando la metodología ágil de desarrollo de software XP y la arquitectura de software de Modelo Vista Controlador (MVC). Este patrón de arquitectura de software realiza una separación entre los datos y la lógica de negocios de la lógica de presentación lo que ayuda al mantenimiento del sistema y lo vuelve entendible y escalable (González, 2012).

- Modelo DAO (por sus siglas en inglés Data Access Object). Son aquellos objetos con los que se puede tener acceso a una tabla. Se encarga del acceso a los datos para realizar consultas, eliminaciones, inserciones, actualizaciones y almacenarlos en un medio persistente, como por ejemplo una base de datos, un archivo de texto y XML.
- Vista. Representa la capa de presentación de los datos, se encarga de mostrar la información al usuario, por lo cual es la interfaz que se presenta al usuario para la interacción con la aplicación.
- Controlador DTO (por sus siglas en inglés, Data Transfer Object) Son aquellos objetos que representan un registro de una tabla.

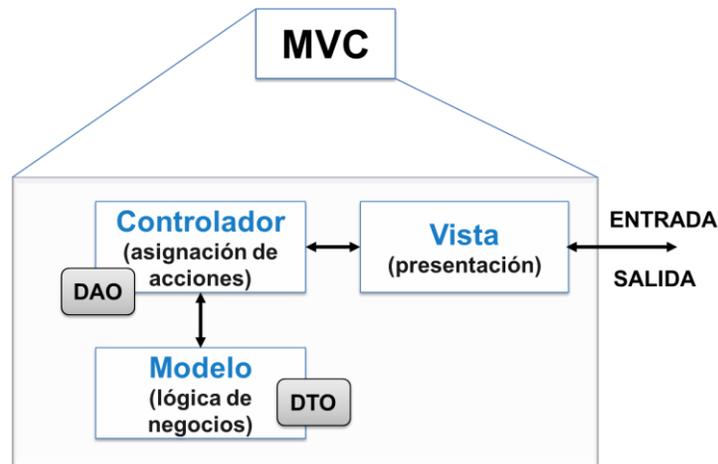


Figura 1.- Diagramas y clases utilizando el modelo MVC

Para cada uno de los procesos que intervienen en este cálculo se definieron las rutinas y módulos necesarios para su desarrollo, el diseño de obras de desvío se divide en tres procesos:

- Proceso hidrológico
- Funcionamiento hidráulico
- Tránsito de avenidas

Proceso hidrológico

El proceso hidrológico se refiere al análisis de los registros históricos de las avenidas máximas anuales, es decir, los escurrimientos (caudales) máximos de agua en el río provocados por lluvias intensas. Con la serie de registros históricos de avenidas máximas anuales se realiza un análisis probabilístico, en el cual se definen diversos periodos de retorno (Tr), que es el número de años en que un evento puede ser igualado o excedido, también conocido como intervalo de recurrencia. (Gómez, Aparicio, & Patiño, 2011). Para ello es necesario realizar un análisis de frecuencias para lo cual se utilizaron las distribuciones: Exponencial, Gamma 2p, Gumbel 1 y 2p, Log-Normal, Nash, Normal, Pearson III. Finalmente determinar el factor de escalamiento correspondiente a cada una de ellas.

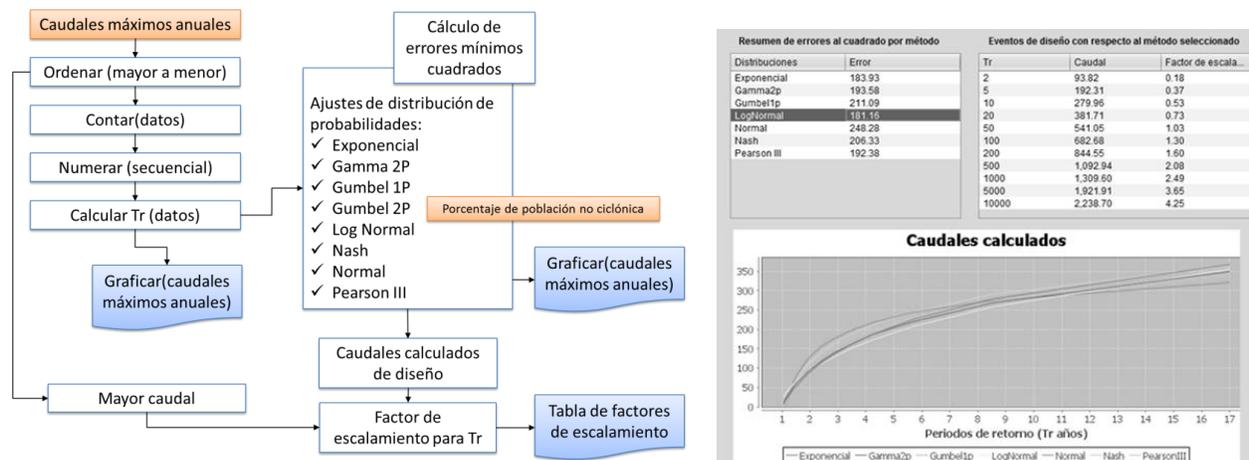


Figura 2.- Diagrama y resultados del análisis de frecuencias

Proceso hidráulico

En este proceso se determinan los perfiles de flujo en los túneles y tajos para flujo permanente “gradualmente variado”, se calculan los tirantes normales y críticos, además de las pendientes críticas para compararlos entre sí y definir el tipo de perfil que se presentará. El objetivo principal es el cálculo de tirantes del perfil hidráulico y las elevaciones antes de la entrada de la obra de desvío, dando como resultados el gráfico de elevación-caudales, es decir, para cada caudal o cantidad de agua que ingrese a la obra se obtendrá una elevación (Lozoya , 1996).

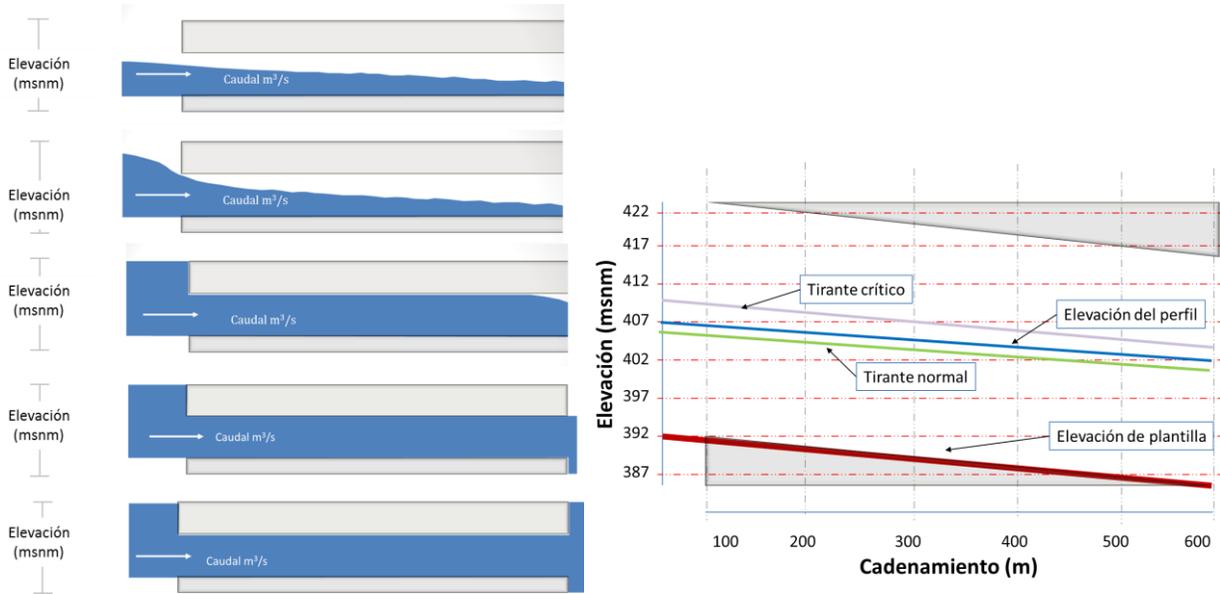


Figura 3.- Perfil hidráulico

Tránsito de avenidas

El tránsito de avenidas consiste en calcular la altura del agua sobre la zona de construcción de la presa cuando está en funcionamiento la obra de desvío, para ello se requieren introducir al proceso los caudales de las avenidas elegidas para diversos periodos de retorno y la curva elevación-caudal obtenida en el proceso de funcionamiento hidráulico. Con la altura del agua generada se establece la altura necesaria para la ataguía, la cual debe mantener en condiciones óptimas la construcción de la presa (Lozoya , 1996).

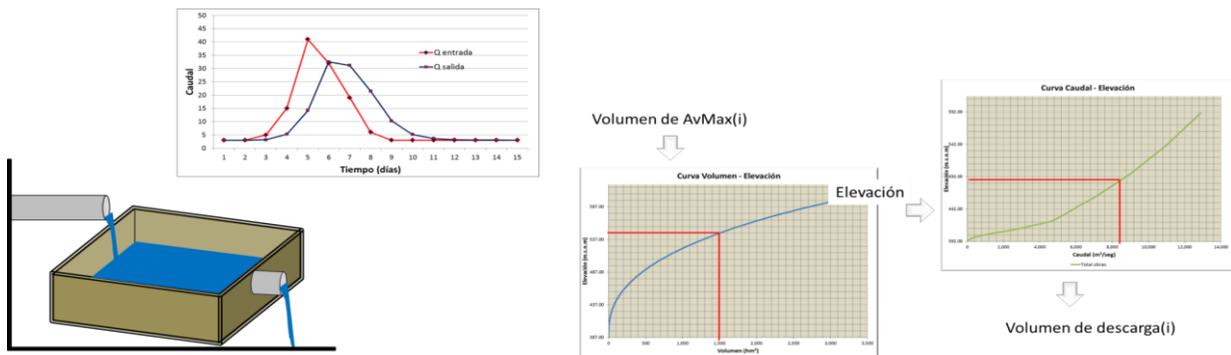


Figura 4.- Obtención del volumen de descarga

RESULTADOS

Se realizó la integración de los tres procesos necesarios para la obtención de la curva elevación-caudal en una sola aplicación, la cual presenta una interfaz amigable permitiendo al usuario la manipulación de la información a través de menús y ventanas emergentes, los resultados de cada uno de los cálculos se muestran a través de tablas o gráficos.

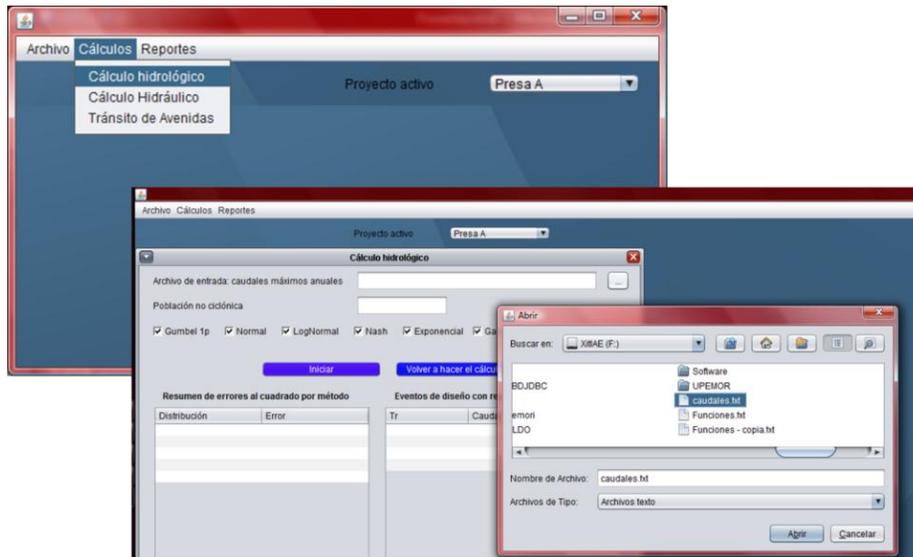


Figura 5.-Interfaz para el cálculo hidrológico

En el cálculo hidrológico los resultados del proceso se presentan en dos tablas, la primera muestra el error cuadrático de cada una de las distribuciones, y en la otra el factor de escalamiento correspondiente a la distribución seleccionada en la primera tabla, dando opción al usuario para indicar aquella que más se adecue al estudio que esté realizando. En la parte inferior de la ventana se muestra el gráfico correspondiente a los caudales calculados con las distribuciones.

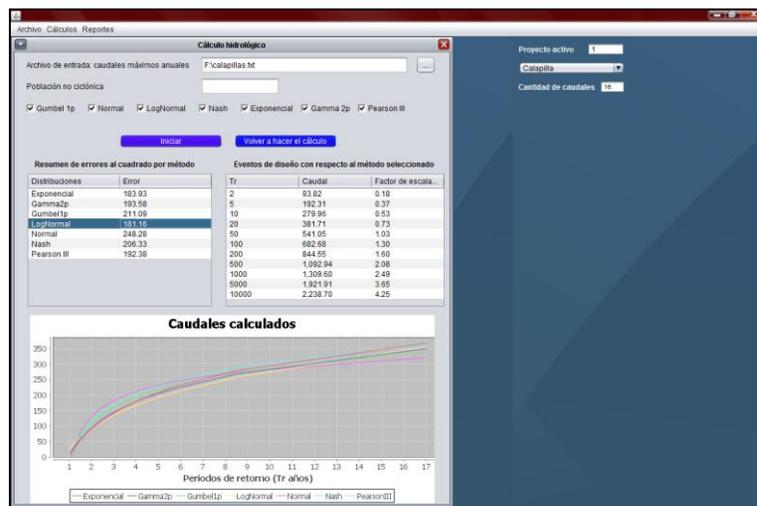


Figura 6.-Interfaz de resultados del cálculo hidrológico

Para realizar el cálculo hidráulico, la aplicación solicita el ingreso de los caudales definidos para el análisis de los perfiles hidráulicos de la obra de desvío, así como el conjunto de pares Caudal-elevación en el río y los pares Caudal-Elevación en el vaso, como primeros resultados se muestra para cada caudal de análisis, la elevación correspondiente tomando en cuenta los datos de Caudal-Elevación en el Río.

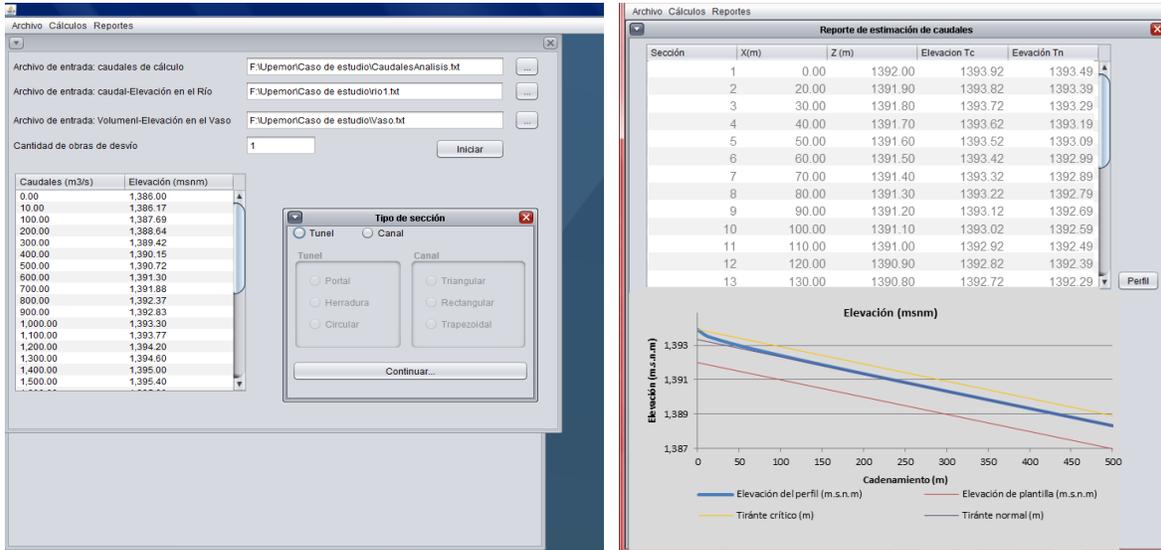


Figura 7.-Interfaz para el cálculo hidráulico

Posteriormente obtiene el perfil de cada uno de los caudales definidos para el diseño de la obra de desvío considerando las características geométricas indicadas por el usuario dependiendo del tipo de sección seleccionada y se calcula el tirante crítico y normal para cada caudal de análisis. Finalmente el sistema presenta la curva Elevación –Caudal correspondiente a los datos ingresados.

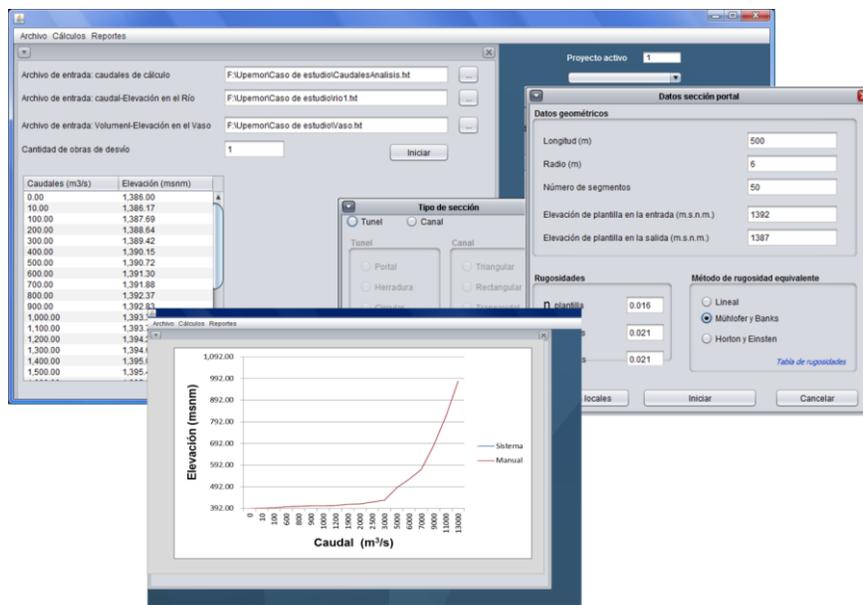


Figura 8.-Interfaz de resultados del cálculo hidrológico

Continuando con el proceso del tránsito de avenidas el sistema solicita el periodo de retorno deseado, esto con el objetivo de seleccionar de la base de datos el factor de escalamiento correspondiente a la distribución seleccionada en el cálculo hidrológico, obteniendo la avenida escalada y convirtiéndola en valores de volumen dependiendo del intervalo de tiempo que se indica. Como ejemplo con un $T_r = 100$, el valor máximo de elevación generado en relación al caudal de entrada fue de 1,420.73 msnm. Considerando como elevación mínima de desplante de la ataguía de 1,388.5 msnm y un bordo libre de 1.5 m, la altura de la ataguía obtenida por el sistema fue de 33.73 m.

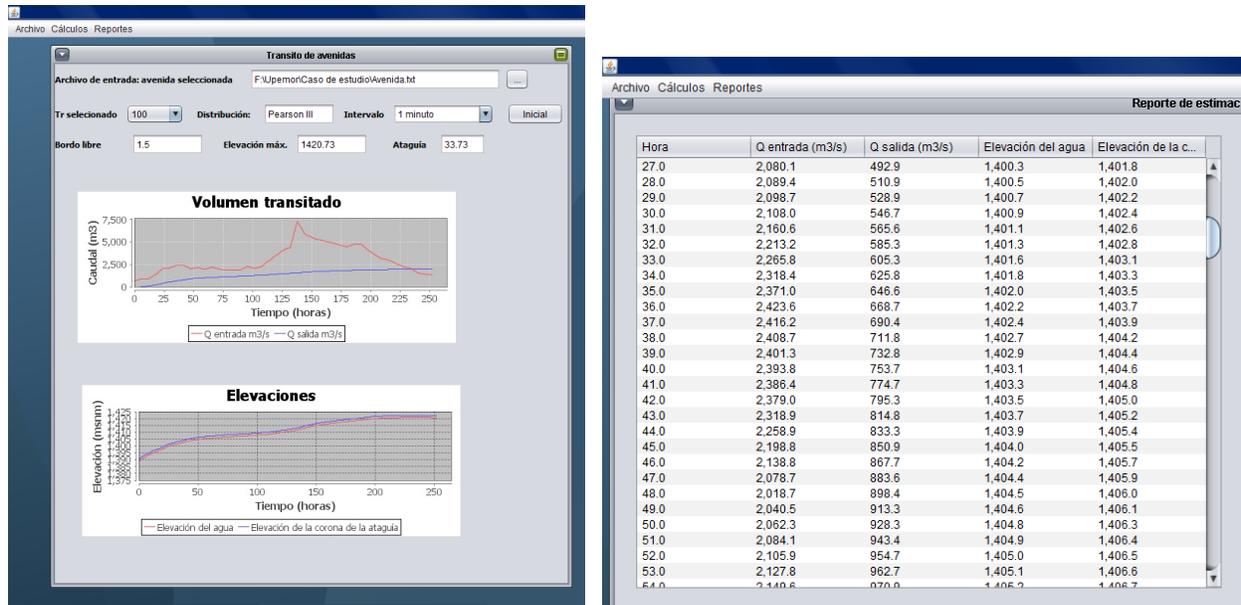


Figura 9.-Interfaz de resultados del tránsito de avenidas

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El integrar los tres procesos en una sola aplicación reduce el tiempo de procesamiento de información debido a que se logra enlazar la información de salida de los procesos con la entrada del otro proceso, sin embargo no se debe perder de vista que el análisis de cada uno de ellos debe realizarse independientemente, esto con la finalidad de distinguir las modificaciones necesarias en el caso de estudiar diversos escenarios. Este sistema permite hacer este tipo de análisis.

Debido a que la mayoría de datos utilizados en el diseño de obras de desvío pueden estar definidos en diversas unidades, se recomienda cuidar que las unidades de los datos que se están insertando en el sistema sean iguales, ya que el no manejar el mismo tipo de unidades en todo el proceso podría generar resultados erróneos.

El sistema presentado en este trabajo es escalable, lo cual permite agregar y complementar cada uno de los procesos incluidos en él, por ejemplo al módulo hidrológico se le pueden agregar más métodos de distribución, esto con el fin de tener máxima verosimilitud en la obtención de resultados, también el módulo hidráulico se puede ampliar permitiendo la configuración de obras de diferentes secciones, materiales y pendientes.

Finalmente es importante señalar que cualquier aplicación que integre los procesos necesarios para el diseño de una obra de desvío es una herramienta de ayuda para el análisis, sin embargo, son los especialistas quienes determinan la mejor configuración para asegurar la construcción de una obra de desvío, tomando su experiencia y analizando los diferentes escenarios que se pueden presentar.



Figura 10.-Esquema de diseño de obra de desvío

REFERENCIAS

- Gómez, J. F., Aparicio, J., & Patiño, C. (2011). Manual de análisis de frecuencias en hidrología. Jiutepec, Mor.: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- González, A. (2012). Lenguajes de programación. Jiutepec, Morelos, México.
- Breña, A. F., & Jacobo, M. (2006). Principios y fundamentos de hidrología superficial. D.F., México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Canós, J. H., Letelier, P., & Penadés, M. (2008). Metodologías Ágiles en el Desarrollo de Software. Valencia: DSIC -Universidad Politécnica de Valencia.
- Lozoya Corrales, J. O. (1996). Manual de Ingeniería de Ríos. Cierre de Cauces y obras de desvío. México D. F.: Instituto de Ingeniería de la UNAM.
- Marengo M.H. (2002). Programa para el cálculo de perfiles hidráulicos en túneles de conducción a superficie libre en secciones herradura considerando rugosidades compuestas”, curso pre-congreso para la Asociación Mexicana de Hidráulica.