



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Estudios Superior Aragón

Actualización de las avenidas de diseño de la presa “Huites”

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
Ingeniero Civil

PRESENTA:
Rosario Castillo Moreno

Director de Tesis.
Dra. Maritza Liliana Arganis Juárez

Instituto de Ingeniería.

Ciudad Nezahualcóyotl, Ed. México, Septiembre 2019.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos.

Le doy gracias a mis padres Jorge y Pilar por el apoyo incondicional que me brindaron en este largo camino para poder llegar a concluir mi Licenciatura, por todo ese sacrificio que hicieron y noches de desvelo, sin ellos no habría podido llegar tan lejos, los amo.

A mí amado Saúl por estar siempre a mi lado apoyándome y dándome consejos para no desistir y sobre todo su paciencia y tiempo.

A mis amigos por estar en los momentos más importantes y siempre levantarme el ánimo cuando lo necesité.

A la Doctora Maritza, por todo su apoyo, tiempo y paciencia.

Gracias a FES Aragón por abrirme las puertas y darme la oportunidad de ser parte de ella, a cada uno de mis profesores, por compartir su experiencia y conocimientos.

Y a mí querida UNAM por brindarme una excelente educación y grandes experiencias.

Índice

Introducción.	5
Capítulo I. Antecedentes.	7
I.1 Introducción.	7
I.2 Objetivo.	7
Capitulo II. Metodología.	8
II.1 Introducción.	8
II.2 Avenidas de Diseño.	8
II.2.1 Introducción.	8
II.2.2 Cálculo de avenidas de diseño mediante el análisis estadístico de escurrimientos medios diarios.	8
II.3 Probabilidad.	9
II.3.1 Introducción.	9
II.3.2 Funciones de distribución.	9
II.3.3 Función de Distribución Gumbel.	9
II.3.4 Función de Distribución doble Gumbel.	11
II.4 Método del Instituto de Ingeniería.	12
II.4.1 Introducción.	12
II.4.2 Etapas del método del Instituto de Ingeniería.	13
II.5 Tránsito de Avenidas.	17
II. 5.1 Introducción.	17
II.5.2 Cálculo del Tránsito de Avenidas.	17
Capitulo III. Descripción del sitio en estudio.	20
III.1 Introducción.	20
III.2 Características de la Presa “Huites”.	23
III.2.1 Introducción.	23
III.2.2 Características generales.	23
Capitulo IV. Actualización de las avenidas de diseño de la presa “Huites”.	29
IV.1 Recopilación de la Información.	29
IV.2 Gastos medios.	30

IV.3 Hidrograma horario considerando pico en la Avenida de 10,00 años.....	35
IV.4. Avenidas de Diseño para diferentes periodos de retorno.....	37
IV.4.1 Tr= 5,000 años.	37
IV.4.2 Tr= 1,000 años.	39
IV.4.3 Tr= 500 años.	40
IV.4.4 Tr=100 años	42
IV.4.5 Tr=50 años	43
IV.4.6 Tr= 10 años.	45
IV.4.7 Tr= 5 años	46
IV.4.8 Tr= 2 años.	48
IV.5 Tránsito de Avenida de Diseño para todo el año con Tr= 10,000 años.	49
IV.6 Tránsito de avenidas para diferentes periodos de Retorno.	60
IV.6.1 Tr= 5,000 años.	60
IV.6.2 Tr= 1,000 años	61
IV.6.3 Tr= 500 años	62
IV.6.4 Tr= 100 años.	63
IV.6.5 Tr= 50 años.	64
IV.6.6 Tr= 10 años.	65
IV.6.7 Tr= 5 años.	66
IV.6.8 Tr= 2 años.	67
Conclusiones.	69
Referencias.....	72

Introducción.

México es un país que cuenta con una enorme tradición hidráulica. Desde los inicios de la Comisión Nacional de Irrigación hasta nuestros días, se han construido grandes obras de infraestructura hidráulica, actualmente existen más de 4 mil presas en el país y su volumen de almacenamiento es de 150 mil millones de m³ para el periodo de 1990 a 2007. Muchas de estas obras corresponden a presas de riego y control de avenidas, por lo cual en el presente trabajo se plantean algunos aspectos sobre los principales estudios que deben desarrollarse para determinar las avenidas de diseño y posible generación de energía eléctrica, aprovechando la infraestructura existente que fue proyectada.

La CONAGUA implementó el “Programa de Modernización del Manejo del Agua” (PROMMA) donde una componente muy importante es el “Programa de Seguridad de Presas”

El noroeste de México se caracteriza por la ocurrencia ocasional de eventos de precipitaciones extraordinarias, 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 (Figura1).

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). Los hidrogramas de diseño para un periodo de retorno de 10,000 años fueron transitados probando distintas elevaciones iniciales y políticas de operación, de manera que se evite el riesgo de falla hidrológica de la presa, durante su operación. (En este trabajo de tesis se usaron todos los datos sin hacer distinción de época del año; además se plantea usar un mismo NAMO en todo el año)

El Instituto de Ingeniería ha realizado diversos estudios relativos a la determinación y actualización de las avenidas de diseño a importantes presas del país alojadas en corrientes importantes como las del río Balsas, el río Bravo, el Grijalva y el río Santiago.

El caso la presa Huites sobre el río Fuerte reviste características especiales tanto por la importancia de las avenidas de invierno que típicamente se presentan en el

noroeste del país, como por el principal propósito de dicha presa que es la generación de energía eléctrica, además de que sus salidas representan aportaciones hacia la presa Miguel Hidalgo cuyo uso principal es el riego.



Figura 2. Hidrografía de la cuenca del río Fuerte

Figura 1 Ubicación de la presa “Huites”, Sinaloa. Dentro del sistema de presas del río Fuerte.

Capítulo I. Antecedentes.

I.1 Introducción.

En México se ha llevado a cabo varios estudios para la actualización de las avenidas de diseño de grandes presas con el fin de asegurar la correcta operación de las obras de excedencia y así garantizar la seguridad de las personas que habitan cerca de la misma (Reyes Mercado 2012).

El Instituto de Ingeniería ha realizado diversos estudios relativos a la determinación y actualización de las avenidas de diseño a importantes presas del país alojadas en corrientes importantes como las del río Balsas, el río Bravo, el Grijalva y el río Santiago.

El caso la presa Luis Donaldo Colosio “Huites” sobre el río Fuerte reviste características especiales tanto por la importancia de las avenidas de invierno que típicamente se presentan en el noroeste del país, como por el principal propósito de dicha presa que es la generación de energía eléctrica, además de que sus salidas representan aportaciones hacia la presa Miguel Hidalgo cuyo uso principal es el riego.

El estudio se basa en los registros históricos de gastos medios diarios de entrada por cuenca propia. Existen otros estudios que han sido publicados por parte del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

I.2 Objetivo.

Actualizar las avenidas de diseño de la presa hidroeléctrica Luis Donado Colosio “Huites” a partir de un estudio de gastos medios diarios e instantáneos con el fin de revisar la operación de su obra de excedencias. Se obtendrán avenidas de diseño considerando los datos históricos de todos los meses del año con el fin de verificar el NAMO existente y/o definir un nuevo NAMO aplicable.

Capitulo II. Metodología.

II.1 Introducción.

En este capítulo se describirá los métodos que se utilizaron para actualizar las avenidas de diseño de la presa Huites.

La necesidad de actualizar las avenidas de diseño radica en que con ello se asegura un correcto funcionamiento de las presas de almacenamiento ya construidas en nuestro país, se procura mantener una correcta operación de la obra de excedencia; a garantizar lo anterior por consiguiente se evita que se produzcan inundaciones a las poblaciones que se encuentran aguas abajo de las presas, pues en caso contrario una inundación se podría traducir tanto en pérdidas materiales, económicas, hasta humanas (Reyes Mercado 2012).

II.2 Avenidas de Diseño.

II.2.1 Introducción.

El cálculo de avenidas de diseño es un procedimiento muy importante, ya que dichas avenidas se transitan por el vaso de una presa para dimensionar su obra de excedencias, además de que permiten determinar la regulación del gasto de descarga por vertedores y con ello realizar un control de inundaciones.

II.2.2 Cálculo de avenidas de diseño mediante el análisis estadístico de escurrimientos medios diarios.

Las técnicas que comúnmente se utilizan para definir avenidas de diseño asociadas a valores de probabilidad o periodos de retorno, recurren tradicionalmente a una avenida histórica importante o periodos de retorno. El método realizado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM y la Comisión Federal

de Electricidad (CFE) se ajustan de manera adecuada para poder analizar cualquier presa.

II.3 Probabilidad.

II.3.1 Introducción.

La probabilidad es una medida del grado de incertidumbre sobre el valor que puede asumir una variable aleatoria. A través de probabilidades se puede cuantificar el grado de ignorancia, o certeza, sobre el resultado de un experimento aleatorio.

En un universo determinista, donde se conocen todas las condiciones que determinan un evento, no hay probabilidades (Gues User 2019).

II.3.2 Funciones de distribución.

Se define la función de probabilidad de la variable aleatoria x como la que asocia una probabilidad a cada valor posible de X (x_1, x_2, \dots, x_n). Respecto a las probabilidades, se cumple siempre que:

$$0 \leq p_i \leq 1 \quad \text{Ecuación II.3.1}$$

$$p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n + \sum_i p_i = 1 \quad \text{Ecuación II.3.2}$$

II.3.3 Función de Distribución Gumbel.

Se dice que una variable aleatoria tiene una función de distribución Gumbel si:

$$f(x) = \exp(-\exp(-y)) \quad \text{Ecuación II.3.3.1}$$

Donde:

y Es un variable reducida obtenida.

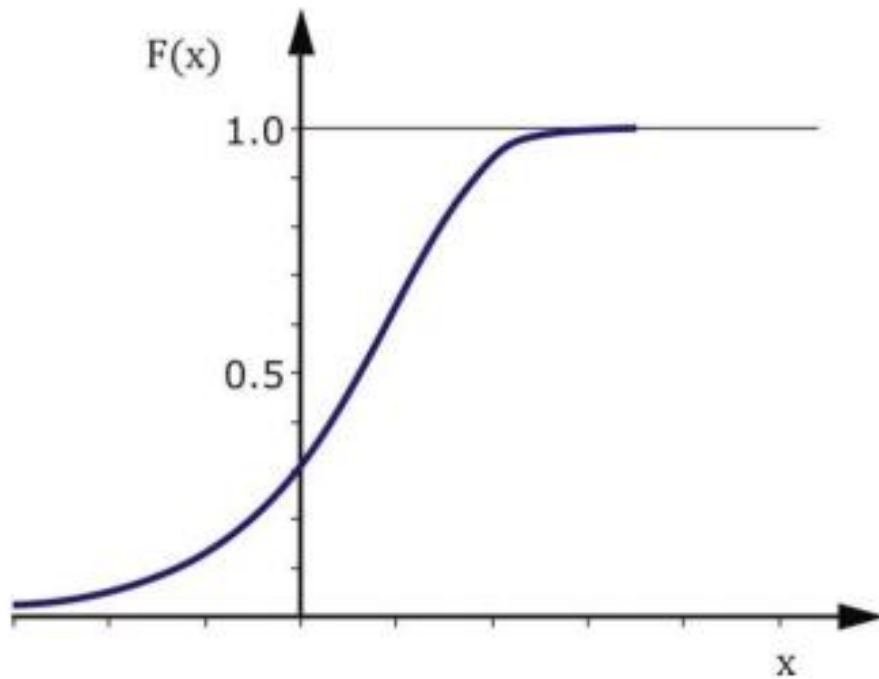
$$y = \alpha(x - \beta) \text{ Ecuación II.3.3.2}$$

Donde:

α y β son los parámetros de forma y escala, respectivamente.

X Variable.

La gráfica de la función Gumbel se presenta en la figura II.3.3.1



Gráfica Función Gumbel. Figura II.3.3.1

Esta función de distribución se utiliza para determinar la probabilidad de que se presente grandes avenidas, debido a que se ha demostrado teóricamente que se ajusta a los valores máximos (CFE).

La función de densidad Gumbel está dada por:

$$f(x) = \alpha e^{(-e^{-y}-y)} \text{ Ecuación II.3.3.4}$$

En el caso de contarse con una población muy grande de la que se toman muestras también grandes, los máximos de esas muestras siguen una distribución Gumbel.

Media.

$$\mu = \beta + \frac{0.5772157}{\alpha} \quad \text{Ecuación II.3.3.5}$$

Varianza.

$$\sigma^2 = \frac{\pi^2}{6\alpha^2} \quad \text{Ecuación II.3.3.6}$$

II.3.4 Función de Distribución doble Gumbel.

La función de distribución de doble Gumbel se utiliza cuando los gastos máximos anuales de una cuenca pueden ser provocados por causas diferentes de un año a otro. Entre estos fenómenos hidrológicos son ocasionadas por deshielo o ciclones.

Entonces se puede decir que la función de distribución doble Gumbel se utiliza en el estudio estadístico de gastos máximos anuales que pertenezcan a dos poblaciones diferentes:

La primera es de los gastos producidos por precipitaciones relacionadas con los fenómenos meteorológicos dominantes en la región en estudio.

La segunda la de los gastos producidos por precipitaciones ciclónicas o bien lluvias de invierno conocidas como "Equipatas", normalmente mayores que los primeros (Reyes Mercado2012, CFE).

La ecuación de la función es:

$$f(x) = p(e^{-e^{-y_1}}) + (1 - p)e^{-e^{-y_2}} \quad \text{Ecuación II.3.4.1}$$

$$y_1 = \alpha_1(x - \beta_1) \quad \text{Ecuación II.3.4.2}$$

$$y_2 = \alpha_2 (x - \beta_2) \quad \text{Ecuación II.3.4.3}$$

Donde:

1,2 subíndices se refieren a las funciones de distribución de probabilidad de cada una de las poblaciones.

P es la probabilidad de que en un año el gasto máximo no sea producido por una tormenta ciclónica.

El valor de p se expresa como:

$$p = \frac{N_n}{N_T} \quad \text{Ecuación II.3.4.4}$$

Donde:

N_n número de años de registro en que el gasto máximo no se produjo por una tormenta ciclónica.

N_t número total de años de registro.

Y su función de densidad es:

$$f(x) = p\alpha_1 e^{-e^{-y_1}} + (1-p)\alpha_2 e^{-e^{-y_2}} \quad \text{Ecuación II.3.4.5}$$

II.4 Método del Instituto de Ingeniería.

II.4.1 Introducción.

El método del Instituto de Ingeniería (Domínguez et al., 1981), 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 medio máximo. A los registros correspondientes a cada duración se les realiza un análisis de frecuencias para obtener eventos de diseño para distintos periodos de retorno.

Dicho método funciona adecuadamente en presas con gran capacidad de regulación. El método entrega resultados confiables si se cuenta con registros históricos extensos de gastos medios diarios que proporcionan las estaciones hidrométricas instaladas cerca de la zona de estudio.

II.4.2 Etapas del método del Instituto de Ingeniería.

El método comprende las siguientes etapas:

- **Caracterización de los escurrimientos.**

La caracterización de los escurrimientos (gastos medios máximos diarios) consiste en determinar los gastos medios máximos anuales para diferentes duraciones, 1 hasta n días. Para calcular el gasto medio máximo anual correspondiente a duraciones mayores o iguales a dos días ($n > 2$), se calcula para cada año de registro el promedio para n días consecutivos según la duración que se analice y se procede de la siguiente manera:

Se calculan los gastos medios máximos Q_k^n tomando en cuenta el día inicial k y la duración n que se esté analizando. Los gastos Q_k^1 son los gastos medios diarios correspondientes a la duración $n=1$ día, del registro analizado; para otras duraciones, los gastos medios máximos se calculan con la ecuación II.4.2.1.

$$Q_k^n = \frac{\sum_{k}^{k+n-1} Q_k^1}{n} \quad \text{Ecuación II. 4.2.1}$$

Donde:

n duración, en días.

k contador del día en el que se inicia el lapso de duración n ($k=1,2,3,\dots,365$ o 366).

Q_k^n gasto medio máximo para n días de duración.

Q_k^1 gasto medio diario del día k.

Conocido los gastos medios Q_k^n se selecciona de acuerdo con la capacidad de regulación de un almacenamiento, es decir, la capacidad entre el NAMO y el NAME. Existen algunas recomendaciones para la selección de n; se recomienda

un valor de $n=5$ para presas con capacidad de regulación relativamente pequeña (del orden 1 hm³) y valor de $n=20$ para presas con capacidad de regulación muy grande (por arriba de 10 hm³).

- **Cálculo de los gastos medios máximos anuales para distintas duraciones.**

Se calcula el gasto medio máximo anual para cada año de registro que se tenga. Para estimar la magnitud n se toma en cuenta la dimensión de la presa en estudio, ya que conociendo la magnitud de la duración se le puede dar forma a las avenidas de diseño.

Una recomendación para estimar los días de duración en presas grandes es de 20 días de duración, con este intervalo se le puede dar forma a la avenida de manera razonable (Ramírez Salazar 2011).

Para calcular el gasto medio máximo anual corresponde a la duración $n=1$ día, de un determinado año de registro, se procede de la siguiente manera:

- De la tabla de gastos medios diarios se elige un determinado año de registro para el análisis.
- Se ubica el valor máximo que se haya presentado durante ese año.
- Este valor será entonces el gasto máximo anual para este año con $n=1$ día.

Para calcular el gasto medio máximo anual correspondiente a duraciones mayores o iguales a dos días ($n>2$) se calcula para cada año de registro el promedio máximo para n días consecutivos según la duración que se analice.

$$Q_k^n = \frac{(k + n - 1)}{\frac{\sum Q_k^1}{n}} \quad \text{Ecuación II. 4.2.2}$$

Donde:

n = duración en días.

K = contador del día en que se inicia el lapso de duración n .

Q_{nk} = gasto medio para n días de duración.

Q_{1k} = gasto medio diario del día K.

- Conocidos los gastos medios Q_{nk} se elige el valor máximo que se haya presentado en esta duración, este valor es conocido como Gasto medio Máximo Anual.

$$Q_{maximo}^n = \max(Q_k^n) \quad \text{Ecuación II. 4.2.3}$$

Donde:

Q_{max}^n = gasto medio máximo anual.

n = duración, en días.

- **Análisis de frecuencias y Extrapolación.**

A cada serie de gastos medios máximos anuales para las duraciones de 1, 2,3... se realiza un análisis de frecuencias obteniendo la función de extrapolación para estimar los valores asociados a diferentes periodos de retorno, para cada duración, es llevada a cabo mediante el ajuste a una función de distribución de probabilidad para cada muestra obtenida en la caracterización de los escurrimientos, con los datos extrapolados de los gastos medios máximos de diseño se construyen las curvas gasto-duración-periodo de retorno para distintas duraciones y distintos periodos de retorno, figura II.4.2.1.

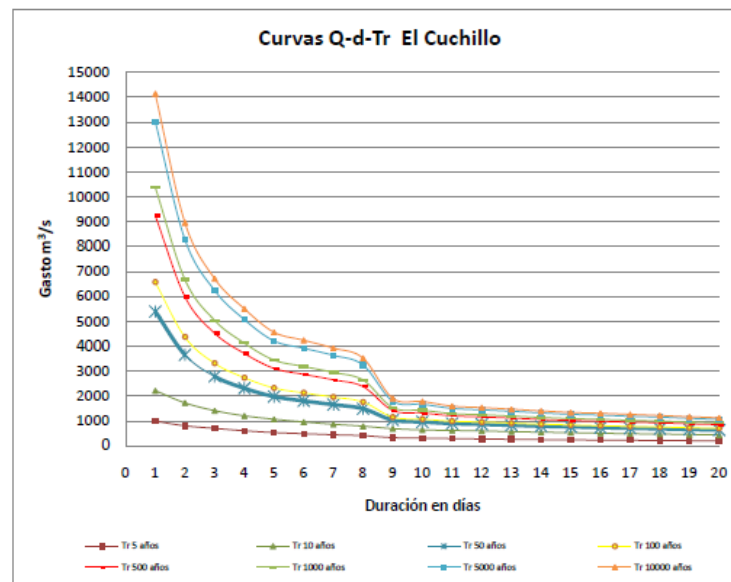


Figura II.4.2.1 Curvas gasto-duración-periodo de retorno, (Carabela Hernández 2011).

- **Determinación de gastos individuales para diferentes periodos de retorno.**

Para cada periodo de retorno considerado, la determinación de los gastos individuales es llevada a cabo mediante las siguientes ecuaciones recursivas:

$$Q_1 = Q_{M1} \text{ Ecuación II.4.2.4}$$

$$Q_1 = nQ_{Mn} - \sum_{i=1}^{n-1} Q_i \quad (n = 2,3, \dots, N) \text{ Ecuación II.4.2.5}$$

Donde:

N es el total de días considerado (duración de la avenida).

QMn es el gasto medio diario (ajustado para una duración n).

Qi y Qn son gastos individuales para i=1 hasta N.

- **Construcción de bloques alternos.**

El hidrograma de diseño se construye usando el método de los bloques alternos, empleando los gastos individuales. Para la forma de la avenida se alternan bloques, en el que a la mitad de la duración total se coloca el valor máximo (Q1), hacia adelante se coloca el gasto (Q2), hacia atrás el gasto (Q3), y así sucesivamente (figura II.4.1).

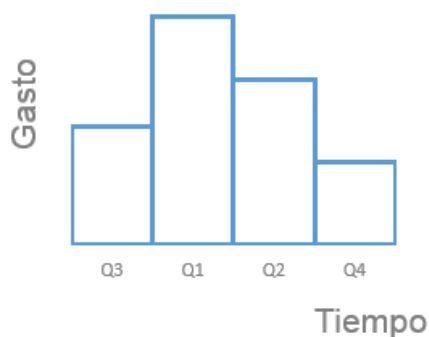


Figura II.4.1. Ordenamiento de bloques para una duración de 4 días.

En el método del IINGEN no es necesario establecer el volumen total de la avenida, solo se requiere que la duración o número de días N sea lo suficientemente grande para garantizar que en la forma del hidrograma se incorpore todas las posibles avenidas históricas (Rivas Carpio 2016).

II.5 Tránsito de Avenidas.

II. 5.1 Introducción.

Los caudales que escurren por un río varían continuamente en el tiempo ya que hay épocas de varios meses en que los escurrimientos son reducidos y otras en que fluye el agua en abundancia. La única forma de regular esos escurrimientos es controlarlos, almacenarlos y aprovecharlos mediante la construcción de presas.

El tránsito de avenidas en vasos o embalses es el procedimiento matemático para predecir el cambio en magnitud velocidad y forma de una onda de flujo en duración al tiempo en uno o más puntos a lo largo de un flujo de agua. El flujo de agua puede ser un río, una quebrada la forma del hidrograma de salida del embalse de una presa, dado un hidrograma en particular de entrada que resulta de una tormenta, deshielo, descarga de embalse, etc.

II.5.2 Cálculo del Tránsito de Avenidas.

El tránsito de una avenida a través de un vaso de almacenamiento se realiza con los siguientes propósitos.

- Conocer la evaluación de los niveles en el vaso y los gastos de salida por la obra de excedencia para saber si la política de operación de las compuertas del vertedor es adecuada y así al presentarse una avenida no se ponga en peligro la cortina de la presa, bienes materiales o vidas humanas aguas abajo.
- Dimensionar la obra de excedencia y obra de desvío durante la etapa de estudio y proyecto.
- Determinar la altura de la cortina, calcular el NAME y dimensionar las obras de desvío y altura de ataguías.
- Revisión de políticas de operación en las compuertas de una obra de excedencia de la presa ya puesta en marcha.

Los métodos para calcular el tránsito de avenidas se clasifican de la siguiente manera:

- Tránsito hidrológico: Conocido también como tránsito agregado o agrupado, es el más usado por facilidad en su procedimiento de cálculo. Consiste en calcular el flujo o gasto en función del tiempo en un embalse con la ecuación de continuidad, expresada en términos del principio de la conservación de la masa, que establece lo siguiente:

$$\text{Almacenamiento} = \text{Entrada} - \text{Salidas}$$

Por lo que:

$$\Delta V_{\text{Entrada}} = \Delta V_A + \Delta V_s \quad \text{Ecuación II.5.2.1}$$

Donde:

$\Delta V_{\text{Entrada}}$ Volumen de entrada en un intervalo de tiempo (Δt , en m^3).

ΔV_A Volumen almacenado en el mismo intervalo (Δt , en m^3).

ΔV_s Volumen extraído tanto por el vertedor como por la obra de toma en el mismo intervalo (Δt , en m^3).

Multiplicando la ecuación II.5.2.1 por $(1/\Delta t)$, resulta:

$$\frac{\Delta V_A}{\Delta t} = \frac{\Delta V_{\text{Entrada}}}{\Delta t} - \frac{\Delta V_s}{\Delta t} \quad \text{Ecuación II.5.2.2}$$

$$\frac{dV_A}{dt} = I - Q \quad \text{Ecuación II.5.2.3}$$

La ecuación anterior se puede expresar en diferentes formas, por ejemplo:

$$\frac{V_{i+1} - V_i}{\Delta t} = \frac{I_{i+1} + I_i}{2} - \frac{Q_{i+1} + Q_i}{2} \quad \text{Ecuación II.5.2.4}$$

Donde:

V_i, V_{i+1} variación de los volúmenes almacenado en el embalse en los instantes i e $i+1$.

l_i, l_{i+1} gastos de entrada al vaso en el instante i e $i+1$.

Q_i, Q_{i+1} gastos de salida al vaso en el instante i e $i+1$, tanto por la obra de excedencia como por la toma.

Δt intervalo de tiempo entre los instantes i e $i+1$.

La ecuación II.5.2.3 se resuelve de manera simultánea con ayuda de la curva elevación-capacidades-descargas por la obra de excedencias.

- Tránsito hidráulico: conocido como tránsito distribuido. El flujo o gasto se calcula el flujo o gasto en función del espacio y tiempo utilizando principios de conservación de la masa y momento. El gasto se calcula como una función del tiempo de manera simultánea en varias secciones transversales de un embalse.

Hasta la fecha la ecuación que describe el fenómeno del tránsito de avenida tiene una solución analítica exacta conocida, por lo que su solución se obtiene generalmente mediante métodos numéricos.

En el caso del tránsito de avenidas, el Instituto de Ingeniería utiliza el programa QB64 (trate bas), dicho programa requiere de un archivo de datos con extensión .dat que se puede construir en un block de notas.

El archivo de datos contiene la información del nivel de embalse para comenzar el tránsito, construyéndose en renglones para empezar su lectura.

- En el primer renglón se colocara la elevación inicial del embalse.
- En el segundo renglón se colocara el número de puntos de hidrograma de entrada, número de puntos de la curva elevaciones-capacidades, descarga de la obra de toma, elevación inicial del embalse y tipo de restricción 0,1,2 en la descarga (especificados en el programa), todo limitado por comas.
- Enseguida se colocan los datos de las descargas por el vertedor, en m^3/s .
- Y se introducen los datos del hidrograma de entrada en m^3/s .
- Finalmente se coloca en el siguiente renglón el tipo de restricción de la descarga.

Capitulo III. Descripción del sitio en estudio.

III.1 Introducción.

La presa Luis Donaldo Colosio (Huites) se ubica al sureste del estado de Sinaloa, en el municipio de Choix, limitado al norte con los estados de Sonora y Chihuahua, al sur con los municipios de Sinaloa y al oeste con el municipio de El Fuerte.

Se localiza dentro de la cuenca del río Fuerte, de la División Hidrométrica Pacífico Norte, aguas abajo de las estaciones hidrométricas Chinipas (en las que se miden los escurrimientos del río Oteros que luego toma el nombre de Chinipas) y la estación Tubares (Figura III.1.1) (que afora los escurrimientos en los ríos Urique, Batopilas y San Miguel).

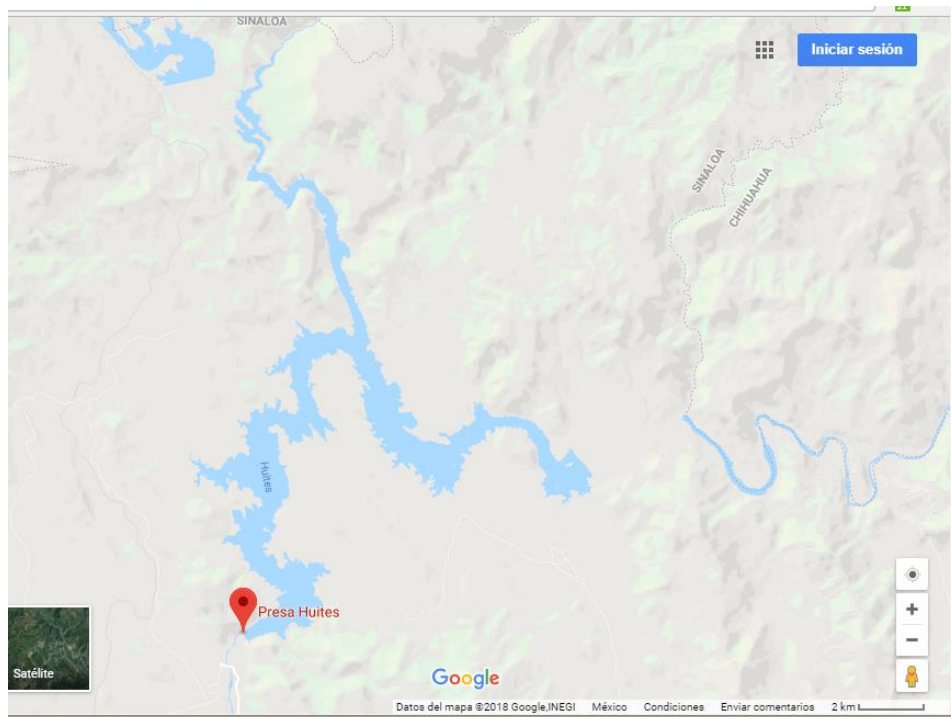


Figura III.1.1 Detalle ubicación presa “Huites”, Sin. Fuente: Googlemaps

Inició su operación en el año de 1995. El diseño de la obra y sus componentes se basó en el análisis de gastos máximos históricos. La cuenca de la presa cuenta con estaciones climatológicas e hidrométricas en el río Fuerte y en algunos de sus afluentes, destacando la estación Huites, ubicada en las cercanías de la presa.

La cuenca del río Fuerte corresponde a la Región Hidrológica 10, Sinaloa, y a la Región Hidrológico-Administrativa III Pacífico Norte, en la República Mexicana. El río nace en la costa 3105 msnm en el estado de Durango. En su inicio se llama río Verde, tiene una longitud de 540 km una pendiente de 0.13% y drena un área de 39,590 km.

Cuenta con un sistema de tres presas, Luis Donaldo Colosio (Huites), Miguel y Josefa Ortiz de Domínguez (CNA 203).

La presa Luis Donaldo Colosio (Figura III.1.2) pertenece al Sistema Hidráulico Interconectado del Noroeste (SHINO), en conjunto con otras presas impulsa las zonas de riego y la generación de energía eléctrica en el estado de Sinaloa, beneficiando los distritos de riego 076 Valle del Carrizo (Municipio del Fuerte y Ahome) y el 075 Río Fuerte (Municipio del Fuerte) (SARH 1992).



Figura III.1.2: Presa Luis Donaldo Colosio “Huites” Sin. Méx. (CONAGUA).

III.2 Características de la Presa “Huites”.

III.2.1 Introducción.

Huites es una presa de gravedad construida por roca, cuenta con gran diversidad en ellos se encuentran estos ecosistemas, bosque espeso, bosque normal, cultivos y pastizales.

El tipo de suelo donde se encuentra construida dicha presa es granito masivo, gris claro hasta color rosa. Su sismicidad es baja de intensidad reducida (Valencia José 2009).

III.2.2 Características generales.

Los datos generales de la presa Luis Donaldo Colosio se indican en la Tabla III.2.1.

PRESA:	Luis Donaldo Colosio	
	Alias	Huites
Concepto	unidad	cantidad
Capacidad total al NAME	10 ⁶ m ³	4568
Capacidad total al NAMO	10 ⁶ m ³	2908
Capacidad Útil	10 ⁶ m ³	2409.15
Capacidad para control de avenidas	10 ⁶ m ³	1660
Capacidad de azolves	10 ⁶ m ³	500
Área máxima de embalse	ha	
Elevación de la corona	msnm	290.75
Nivel máximo de embalse (NAME)	msnm	290
Nivel de aguas máximo ordinario (NAMO)	msnm	270
Nivel mínimo (NAMINO)	msnm	215
Nivel medio de desfogue	msnm	153.7
Elevación de la cresta	msnm	
Eficiencia máxima de las turbinas	%	95.5
Potencia de diseño de las turbinas (2unidades)	MW	422
Potencia máxima (cada una)	MW	238
Gasto de diseño	m ³ /s	234.9
Altura de la cortina	m	166
Longitud de la corona	m	
Bordo libre	m	2
Avenida		
Máxima de entrada	m ³ /s	30000
Máxima de salida	m ³ /s	22445
Avenida de diseño	m ³ /s	
Gasto de diseño de la obra de toma	m ³ /s	234.9
Avenida de diseño del vertedor de excedencias	m ³ /s	
Gasto máximo de descarga por el vertedor (2 canales)	m ³ /s	22445

Tabla III.2.1 General de datos Presa Luis Donaldo Colosio (Huites), Méx, Sin. CFE. Mex, Sin.

- Datos generales de la Cuenca y escurrimiento.

Las características físicas de la cuenca se obtuvieron a partir de la cartografía de la zona, cuenta con 10 estaciones hidrométricas y 13 estaciones climatológicas.

Características de la cuenca y escurrimiento	
Región Hidrológica	Sinaloa
Cuenca	Río Fuerte
Área	26000.00 km ²
Volumen máximo de escurrimiento anual	0.000 m ³ /año
Volumen medio de escurrimiento anual:	4267000000.000 m ³ /año
Corriente	R. El Fuerte
Afluente de:	Océano Pacífico

Tabla III.2.2 Cuenca y escurrimiento. Presa Luis Donaldo Colosio (Huites), Méx, Sin. CONAGUA

- Datos generales de la Cortina.

La presa Huites cuenta con dos tipos de cortinas, una de concreto de gravedad sobre el lado izquierdo y una en arco sobre el lado derecho.

Características de la cortina.	
Tamaño	>15 m
Comportamiento	Rígida
Tipo	DE gravedad
Material	Concreto
Tipo de Cimentación	Roca
Altura máxima	164.75 m
Elevación Corona	290.75 msnm
Longitud	318.00 m
Ancho	8.00 m
Taludes Aguas arriba	V h:v, h:v, etc.
Taludes Aguas abajo	0.75. 1 h:v, h:v, etc.
Altura de parapeto	1.25 m
Volumen del cuerpo	0 m ³
Altura sobre el cauce	164.75 m

Tabla III.2.3 Cortina Presa Luis Donaldo Colosio (Huites), Méx, Sin. CONAGUA.

- Datos generales de la Galerías.

Características de la galería	
Galería	3
Sección	Rectangular
Longitud	0.00 m
Ancho	2.50 m
Alto	3.00 m
Elevación	163

Tabla III.2.4 Galerías. Presa Luis Donaldo Colosio (Huites), Méx, Sin. CONAGUA

- Datos generales del Vertedor.

El vertedor tiene el desagüe de fondo se encuentra entre el contrafuerte y el zócalo de la cortina de arco y tiene un diámetro de 4.m.

Características del vertedor	
Capacidad Acumulada	22445.00 m ³ /s
Vertedor	2
Operación	Controlada
Capacidad	0.00 m ³ /s
Longitud de la cresta	26.00 m
Elevación de la Cresta	0
Compuertas	2
Altura de la compuerta	25.00 m
Ancho de la compuerta	13.00 m
Gasto Pico	0.010 m ³ /s
Elevación LSC	0
Altura de Agujas	0.00 m

Tabla III.2.5 Vertedor. Presa Luis Donaldo Colosio (Huites), Méx, Sin. CONAGUA

- Datos generales del Vaso.

En el vaso predomina geológicamente el ignimbritas y andesita y en el eje se encuentra un cuerpo de granito.

Características del Vaso	
Volumen al NAME	4305.9500 hm ³
Volumen al NAMO	27030000 hm ³
Volumen al NAMINO	4382600 hm ³
Volumen de azolves	5000000 hm ³
Volumen útil	0.0000 hm ³
Superalmacenamiento	0.0000 hm ³
Volumen de conservación	22647400 hm ³
Volumen para control de avenidas	16029500 hm ³
Primer llenado	01/01/2005

Tabla III.2.2 Vaso. Presa Luis Donaldo Colosio (Huites), Méx, Sin. CONAGUA

- Datos generales del Gasto de Diseño.

Características del gasto de diseño	
Gasto máximo diseño	234.90 m ³ /s
Periodo de retorno	10000 años
Volumen de avenida máxima registrada	0.000 hm ³
Características de obras de Toma	
Gasto máximo por el vertedor (2 canales)	22445.0 m ³ /s
N. Obra de Toma	1
Tipo	Túnel a presión
Capacidad	4568.0 m ³ /s
Elevación	190.00 msnm
Número de compuertas	3
Tipo de compuertas	De Ruedas (Stoney)
Ancho de compuertas	6.13 m
Alto de Compuertas	7.80 m
Tipo de conductos	Tubería de acero
Dimensiones de Conductos	6.8 m diámetro

Tabla III.2.2 Gastos de Diseño. Presa Luis Donaldo Colosio (Huites), Méx, Sin. CONAGUA

- Datos generales de Aguas a Bajo.

Característica de Cauze Aguas Abajo	
Capacidad del cauce	0.00 m ³ /s
Presas aguas abajo	3218 Presa Miguel Hidalgo y Costilla 3232 Derivadora Sufragio 3159 Derivadora Cahulnahua

Tabla III.2.2 Aguas abajo. Presa Luis Donaldo Colosio (Huites), Méx, Sin. CONAGUA



Figura III.2.3: Presa Luis Donaldo Colosio “Huites” Méx. Sin. (CiH 2014)

Capitulo IV. Actualización de las avenidas de diseño de la presa “Huites”.

IV.1 Recopilación de la Información.

Para el análisis se utilizaron los datos de los gastos medios diarios extraídos del Banco Nacional de Aguas Superficiales (BANDAS) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), desde 1942 hasta 1992, de la estación 10037 Huites a excepción de 1993 a 1995, que se consideraron porcentajes calculados a partir de la estación Tubares por un factor de 1.7, que se calculó mediante la diferencia de escurrimientos de ambas presas. De 1995 al 2006 se consideraron los datos de los meses con datos más grandes de los reportados del funcionamiento diario entregados en forma impresa por la CFE. Del 2007 al 2016 se obtuvieron los gastos medios diarios deducidos de los volúmenes de ingreso obtenidos a partir del funcionamiento diario reportado por la CONAGUA, con algunas modificaciones ya que se encontraban algunas variaciones erróneas.

Adicionalmente se acordó que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) entregara al Instituto de Ingeniería la información histórica de la operación de la presa, para completar con la información hidrométrica disponible en la base de datos BANDAS, además de la política de operación vigente de la obra de excedencias (curva elevaciones-descargas) y la curva elevaciones capacidades y niveles principales del embalse se contó con la información que se tenía del informe preparado para la CFE por el Instituto de Ingeniería en el año 2007 (Domínguez et al., 2007).

IV.2 Gastos medios.

A partir del registro histórico de gastos medios diarios de 1942 al 2016, se obtuvieron las series de gastos máximos anuales para duraciones de 1 a 40 días con el fin de obtener curvas gasto-duración-periodo de retorno.

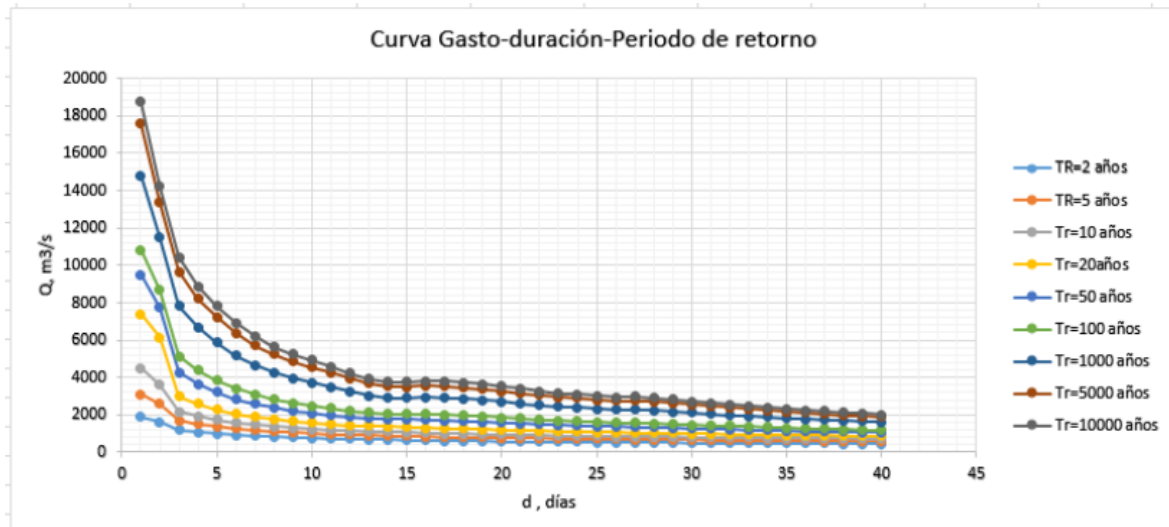


Figura IV.2.1 Curvas gasto-duración-periodo de retorno. Huites, Méx, Sin.

En la siguiente tabla se mostrara los gastos máximos calculados para distintos periodos de retorno.

Duración, día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tr	q	q	q	q	q	q	q	q	q	q
años	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
2	1869.73	1605.09	1195	1076.62	988.35	927.95	871.54	823.23	785.79	751.81
5	3102.64	2589.15	1705.34	1520.87	1379.53	1281.7	1196.42	1124.68	1068.39	1015.13
10	4518.54	3586.05	2177.33	1926.71	1730.95	1594.11	1480.68	1387.64	1313.48	1244.02
20	7391.4	6138.43	2961.33	2573.44	2272.02	2054.09	1887.8	1758.4	1653.62	1563.02
50	9489.11	7726.76	4257.32	3647.58	3194.55	2841.51	2578.67	2378.43	2219.15	2092.51
100	10796.02	8653.45	5136.17	4389.36	3846.34	3412.26	3085.93	2835.25	2638.8	2484.45
200	12030.54	9521.33	5968.53	5091.8	4465.43	3955.98	3571.71	3273.47	3042.97	2861.44
500	13619.57	10627.64	7035.65	5994.85	5260.19	4656.9	4197.95	3838.63	3562.73	3347.63
1000	14805.07	11460.55	7828.38	6670.84	5851.43	5181.59	4663.15	4259.06	3950.5	3709.32
2000	15990.57	12287.1	8621.1	7331.35	6442.67	5702.28	5128.36	4679.49	4338.27	4071.01
5000	17540.85	13355.26	9645.54	8218.91	7224.92	6375.16	5729.55	5235.76	4839.39	4543.98
10000	18708.11	14219.96	10426.06	8879.43	7807.07	6919.88	6216.23	5649.72	5245.05	4922.37
función	DG	DG	DG	DG	DG	DG	DG	DG	DG	DG
P	0.925	0.935	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
alfa 1	0.001171	0.001412	0.00273	0.00313	0.00354	0.0039	0.00424	0.00457	0.00487	0.00523
beta 1	1454.893	1273.36	1020.824	924.769	854.299	806.409	759.78	719.483	688.451	661.147
alfa 2	0.00059	0.000847	0.00088	0.00104	0.00118	0.00134	0.0015	0.00166	0.0018	0.00193
beta 2	7496.336	6538.694	3010.321	2589.527	2259.514	2013.908	1835.925	1705.018	1595.989	1512.004
eea	199.01	123.486	605.336	504.312	431.777	369.985	325.272	293.556	268.713	253.193

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
q	q	q	q	q	q	q	q	q	q	q
m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
723.77	705.34	686.59	665.92	647.32	630.26	615.47	601.5	589.44	579.78	570.24
968.27	939.37	917.11	890.41	863.69	837.22	816.77	798.39	782.48	769.13	755.79
1181.77	1144.39	1124.68	1094.84	1063.29	1028.06	1001.56	978.62	958.92	941.57	924.14
1481.4	1427.53	1409.79	1375.92	1349.86	1314.19	1280.53	1250.25	1223.73	1196.09	1168.32
1976.7	1878.65	1824.1	1772.12	1756.88	1740.26	1705.53	1667.43	1630.76	1584.49	1538.23
2341.09	2208.57	2117.15	2049.38	2038.15	2034.01	1999.25	1956.97	1913.52	1855.78	1797.68
2690.95	2525.59	2398.22	2315.08	2306.27	2313.08	2278.55	2232.3	2182.52	2114.32	2045.23
3142.16	2934.4	2760.82	2657.84	2651.54	2671.96	2637.92	2586.23	2529.12	2446.01	2363.88
3477.82	3239.39	3033.82	2914.91	2911.48	2939.71	2906.66	2849.9	2786.96	2695.73	2601.61
3813.48	3544.38	3304.73	3171	3169.43	3207.45	3170.26	3115.6	3046.79	2943.55	2839.34
4257.59	3947.91	3663.16	3509.83	3502.79	3565.82	3524.48	3464.46	3380	3263.81	3150.21
4588.08	4248.22	3929.9	3761.98	3756.77	3812.97	3804.55	3707.85	3649.74	3523.06	3398.92
DG	DG	DG	DG	DG	DG	DG	DG	DG	DG	DG
0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
0.00564	0.00591	0.00606	0.00624	0.00648	0.00676	0.00694	0.00709	0.00723	0.00737	0.00752
639.653	624.936	607.946	589.507	573.738	559.764	546.833	534.325	523.572	515.161	506.901
0.00208	0.00229	0.00258	0.00273	0.00271	0.00261	0.00261	0.00265	0.00271	0.00282	0.00294
1438.776	1388.263	1388.192	1360.326	1345.366	1315.673	1281.273	1249.629	1222.014	1190.807	1159.65
236.856	218.289	206.209	199.003	202.383	208.692	205.769	201.785	197.216	188.993	180.711

22	23	24	25	26	27	28	29	30
Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
562.36	553.78	546.31	539.32	531.88	525.7	519.84	513.71	507.51
743.52	731.65	721.8	712.27	701.79	693.57	686.01	677.59	668.93
907.3	891.72	878.9	866.04	852.52	841.6	831.9	821.22	810.51
1141.61	1116.78	1097.18	1076.04	1057.69	1043.76	1028.65	1012.8	997.18
1494.79	1453.88	1424.43	1390.25	1365.3	1353.78	1329.18	1302.2	1274.1
1743.65	1692.53	1657.53	1615.4	1586.5	1578.02	1547.84	1512.86	1475.2
1981.31	1921.24	1880.91	1831.93	1799.22	1794.07	1758.29	1716.05	1669.51
2287.05	2215.48	2169.23	2111.67	2073.65	2072.53	2030.29	1978.92	1920.76
2515.48	2436.16	2384.33	2320.37	2278.69	2280.57	2232.73	2175.31	2109.48
2743.91	2654.31	2599.43	2529.07	2483.72	2488.62	2435.95	2371.71	2297.46
3046.15	2948.55	2884.03	2798.77	2755	2767.08	2707.95	2631.56	2540.4
3271.06	3151.47	3095.82	3004.26	2956.88	2971.92	2895.53	2824.93	2725.5
DG	DG	DG	DG	DG	DG	DG	DG	DG
0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
0.0077	0.00784	0.00794	0.00805	0.00819	0.00827	0.00835	0.00847	0.00861
500.493	493.014	486.319	480.154	473.731	468.153	462.848	457.513	452.201
0.00306	0.00318	0.00325	0.00335	0.00341	0.00336	0.00344	0.00356	0.00372
1130.178	1101.951	1079.247	1054.058	1034.845	1018.55	1000.811	983.921	968.557
172.651	165.456	160.502	154.645	150.689	150.597	147.306	142.671	138.044

31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
501.28	495.29	489.99	484.72	479.92	475.19	470.35	465.6	461.19	456.85
660.19	652.37	645.62	638.4	631.89	625.5	619.22	612.96	607.04	601.35
799.89	790.31	781.96	772.82	764.64	756.75	749.17	741.95	734.97	728.29
982.24	967.54	953.95	940.02	927.28	915.24	903.73	893.23	883.05	873.1
1247.68	1221.23	1195.9	1172.05	1149.79	1128.75	1108.58	1089.96	1072.63	1055.57
1439.61	1404.5	1370.79	1339.63	1310.32	1282.45	1255.61	1230.55	1207.61	1185.07
1625.3	1582.13	1540.13	1502.33	1466.24	1431.78	1398.71	1367.38	1338.92	1311.05
1864.95	1811.79	1760.42	1713.56	1668.94	1625.91	1585.1	1545.42	1509.59	1474.86
2044.76	1984.78	1925.47	1871.07	1820.9	1772.43	1724.68	1679.14	1638.16	1598.92
2224.58	2154.45	2090.53	2029.8	1972.26	1916.69	1865.35	1813.9	1766.73	1721.54
2456.96	2382.46	2303.83	2237.37	2174.09	2110.54	2047.14	1988.05	1936.15	1882.48
2634.02	2552.13	2466.35	2393.66	2324.28	2254.8	2185.64	2129.02	2067.71	2005.1
DG	DG	DG	DG	DG					G
0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
0.00876	0.00887	0.00896	0.00908	0.00919	0.0093	0.0094	0.00951	0.00962	0.00972
446.887	441.559	436.783	432.21	428.035	423.913	419.612	415.439	411.599	407.767
0.00389	0.00406	0.00424	0.00441	0.00459	0.00478	0.00498	0.0052	0.00541	0.00563
954.672	939.161	924.175	909.547	869.218	883.962	872.265	862.578	853.009	843.37
133.456	128.893	124.438	120.291	116.457	112.944	109.55	106.631	103.881	101.287

Tabla IV.2.1 Gastos medios máximos extrapolados para distintos periodos de retorno. Presa Huites, Sin. Mex.

Para cada periodo de retorno se seleccionaron los gastos medios máximos de diseño para las duraciones de 1 a 40 días (esta duración se definió como se explica más adelante al transitar la avenida de diseño para periodo de retorno de 10,000 años obtenida, se vio que el tiempo base crítico de la avenida al pasar por el embalse era aproximadamente de 40 días).

Con los gastos medios máximos se obtuvieron los gastos individuales que posteriormente se colocaron usando el método de bloques alternos para dar forma a los hidrogramas de diseño.

En la tabla IV.2.2 se muestran los gastos que se tomaron para el periodo de 10,000 años, donde se muestra el gasto medio máximo, gasto individual y el gasto alternado.

t	Qmed máx	Qindividual	Q alternando
días	m3/s	m3/s	m3/s
1	18708.11	18708.11	13.5
2	14219.96	9731.81	2.5
3	10426.06	2838.26	31
4	8879.43	4239.54	20
5	7807.07	3517.63	3
6	6919.88	2483.93	848.13
7	6216.23	1994.33	3362.96
8	5649.72	1684.15	806.82
9	5245.05	2007.69	520.49
10	4922.37	2018.25	916.12
11	4588.08	1245.18	2603.76
12	4248.22	509.76	3669.83
13	3929.9	110.06	3683.83
14	3761.98	1579.02	110.06
15	3756.77	3683.83	1245.18
16	3812.97	4655.97	2007.69
17	3804.55	3669.83	1994.33
18	3707.85	2063.95	3517.63
19	3649.74	2603.76	2838.26
20	3523.06	1116.14	18708.11
21	3398.92	916.12	9731.81
22	3271.06	586	4239.54
23	3151.47	520.49	2483.93
24	3095.82	1815.87	1684.15
25	3004.26	806.82	2018.25
26	2956.88	1772.38	509.76
27	2971.92	3362.96	1579.02
28	2895.53	833	4655.97
29	2824.93	848.13	2063.95
30	2731	7.03	1116.14
31	2643	3	586
32	2561	19	1815.87
33	2484	20	1772.38
34	2411	2	833
35	2343	31	7.03
36	2278	3	19
37	2216.5	2.5	2
38	2158.5	12.5	3
39	2103.5	13.5	12.5
40	2051	3.5	3.5

Tabla IV.2.2 Gastos medios, individuales, alternados, Presa "Huites" Méx, Sin.

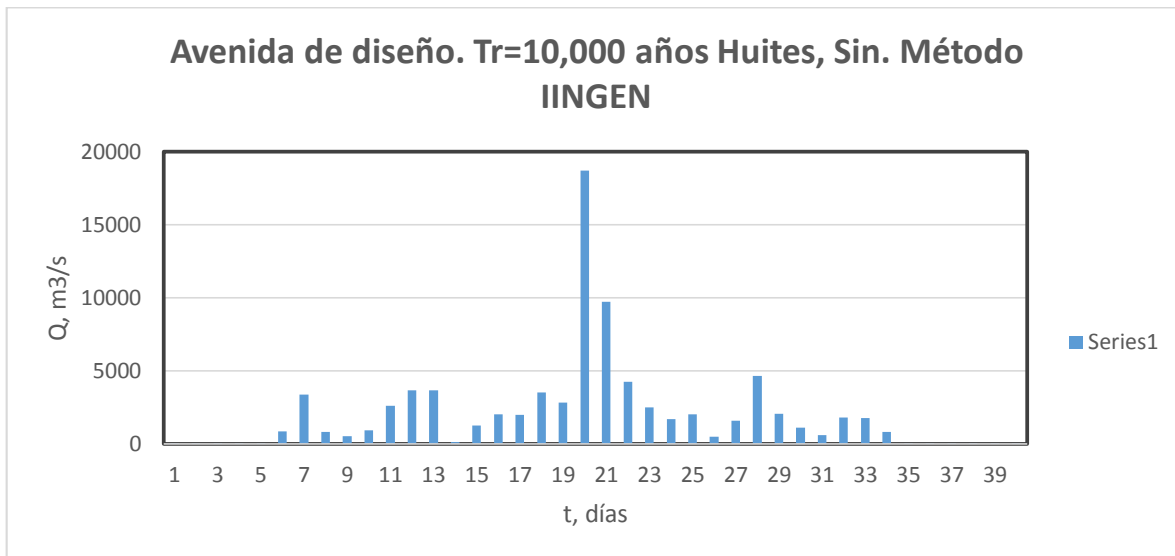


Figura IV.2.2. Avenida de diseño, Tr=10,000 años. Presa Huites, Méx, Sin.

IV.3 Hidrograma horario considerando pico en la Avenida de 10,00 años.

En la figura IV.3.1 se muestra el hidrograma sin considerar el pico en la avenida con un lapso de tres horas.

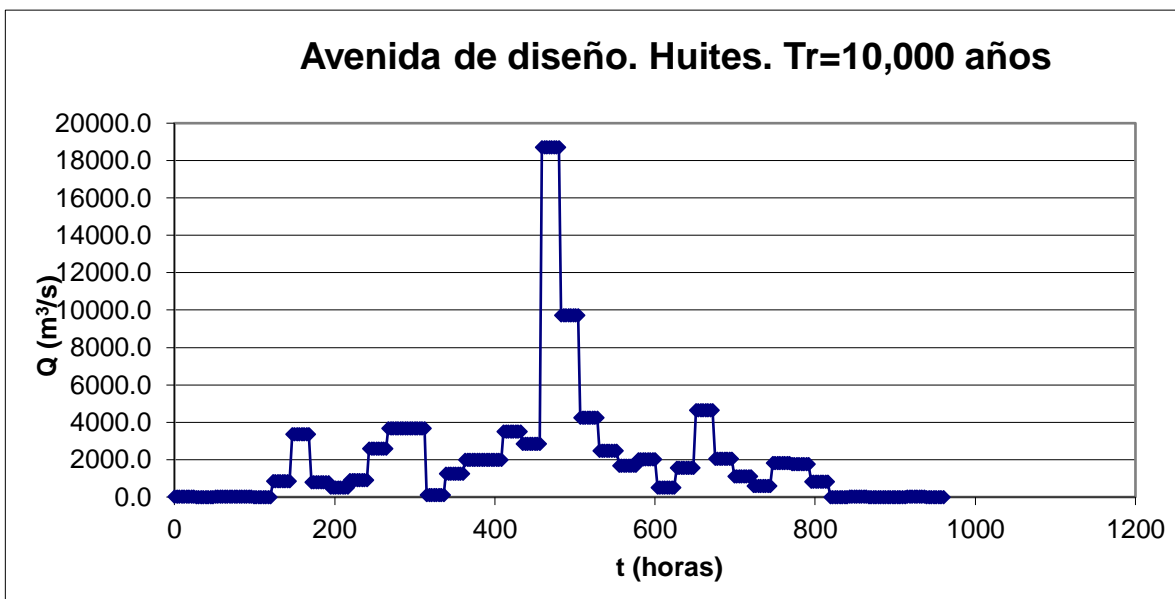


Figura IV.3.1 Avenida de Diseño horaria Tr=10,000 años. Presa Huites, Méx, Sin.

Para darle forma al pico de las avenidas se realizó una revisión de las avenidas más desfavorables ocurridas históricamente en la cuenca analizada, respecto a los resultados arrojados se obtuvo un factor de 1.70.

El gasto máximo de hidrograma de diseño diario de $18708.11 \text{ m}^3/\text{s}$ se multiplicó por este factor de 1.70 y se obtuvo el gasto de pico de $31,207.9 \text{ m}^3/\text{s}$, el cual fue el valor que se colocó a la mitad del día que se presenta el gasto máximo (Figura IV.2.4).

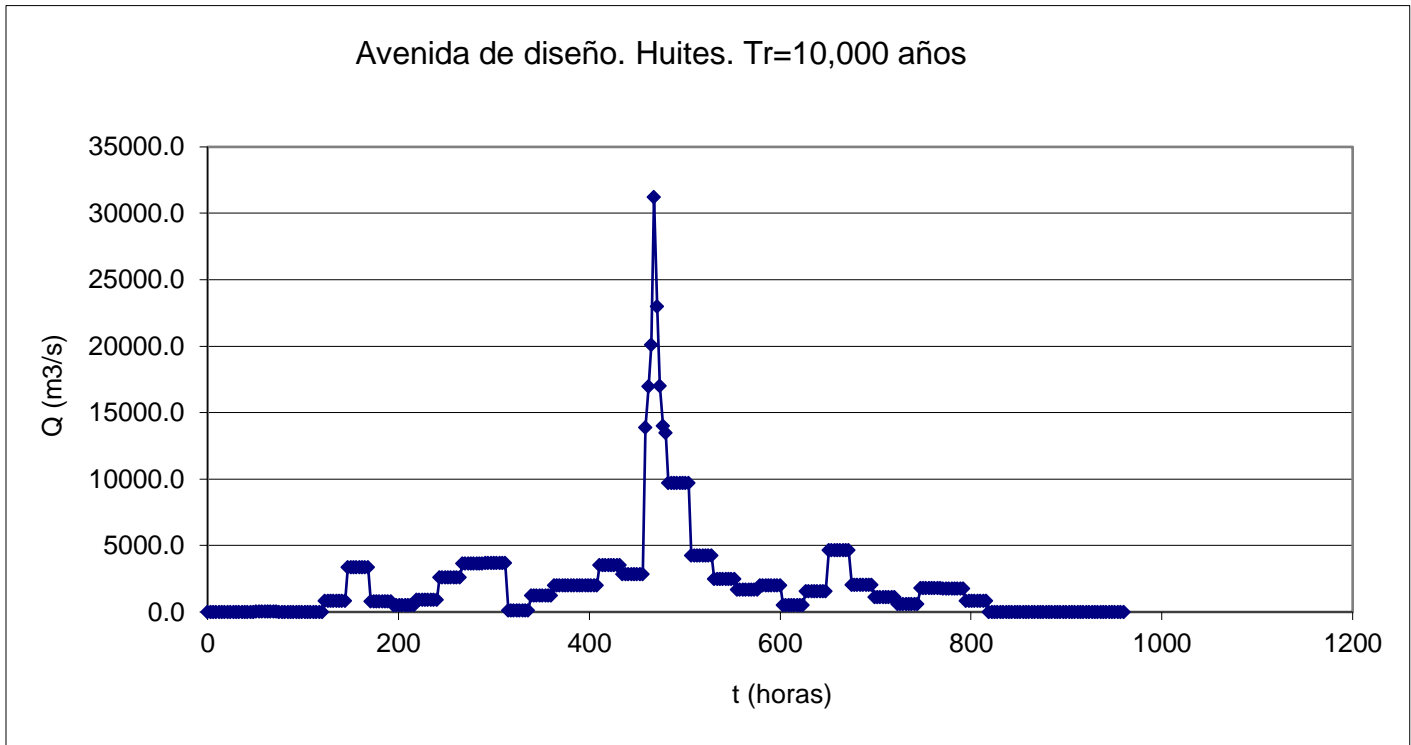


Figura IV.3.2. Avenida de Diseño horaria con pico $Tr=10,000$ años. Presa Huites, Méx, Sin.

IV.4. Avenidas de Diseño para diferentes periodos de retorno.

En las siguientes figuras se presentan los hidrogramas y las avenidas de diseño diarias obtenidas para diferentes periodos de retorno 5000, 1000, 100, 50, 10, 5 y 2 años en las que se utilizó el método del Instituto de Ingeniería.

IV.4.1 $Tr= 5,000$ años.

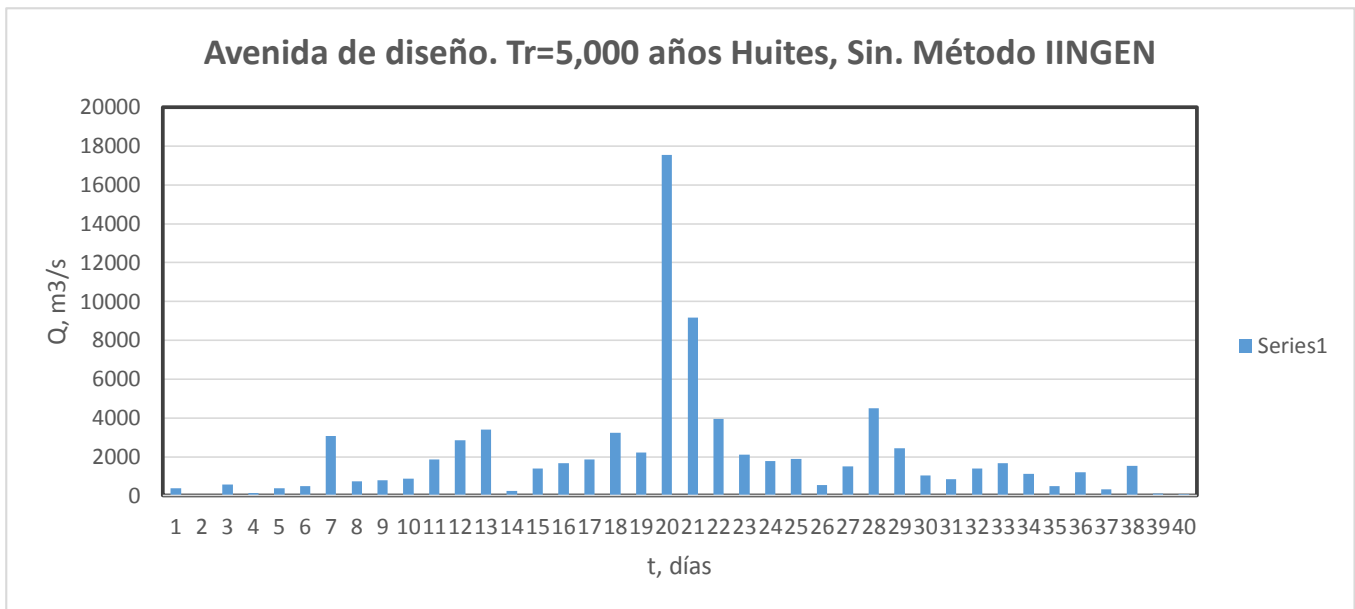


Figura IV.4.1.1 Avenida de diseño, $Tr=5,000$ años. Presa Huites, Méx, Sin.

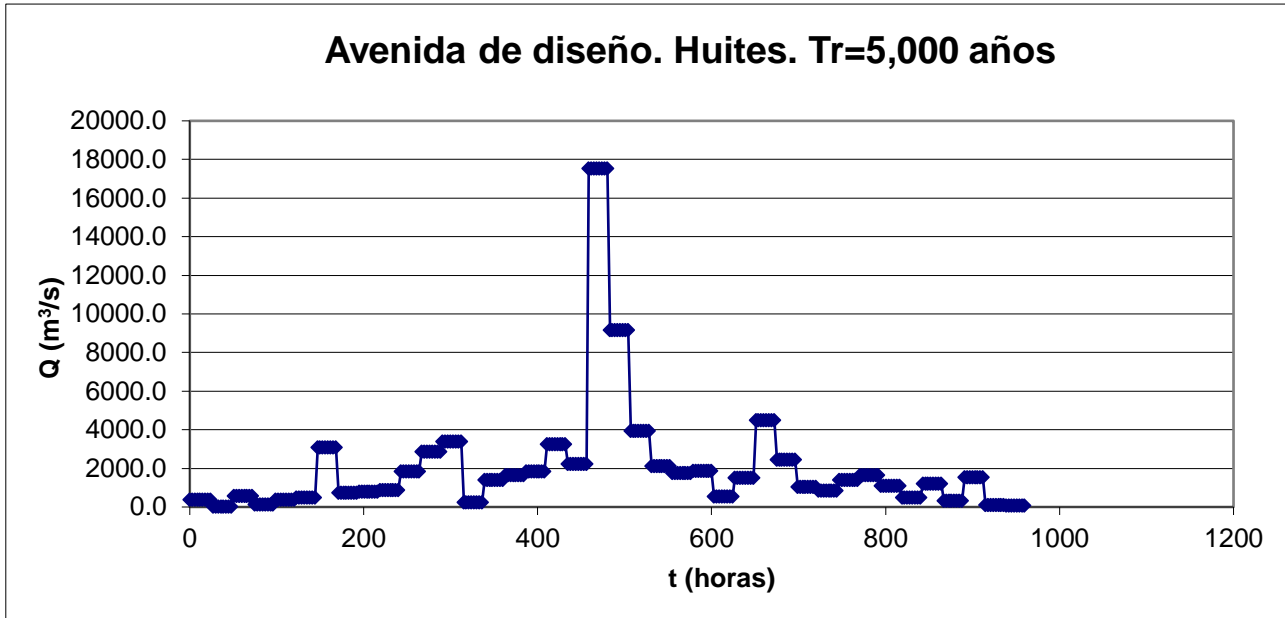


Figura IV.4.1.2 Avenida de Diseño horaria Tr=5,000 años. Presa Huites, Méx, Sin.

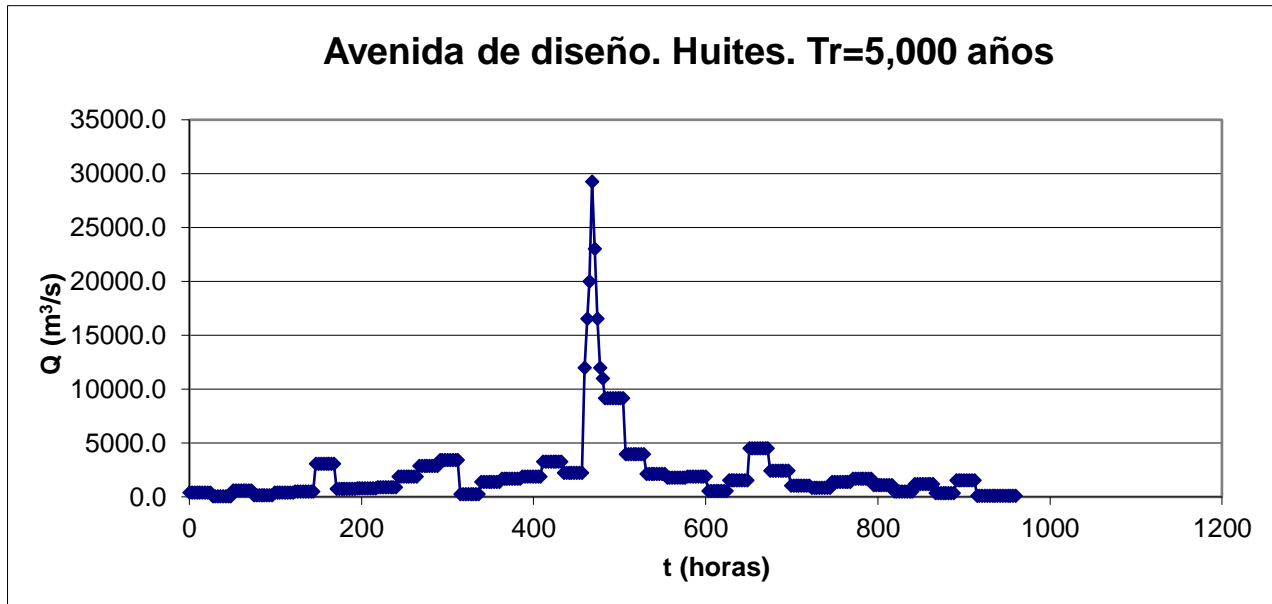


Figura IV.4.1.3 Avenida de Diseño horaria con pico Tr=5,000 años. Presa Huites, Méx, Sin.

IV.4.2 Tr= 1,000 años.

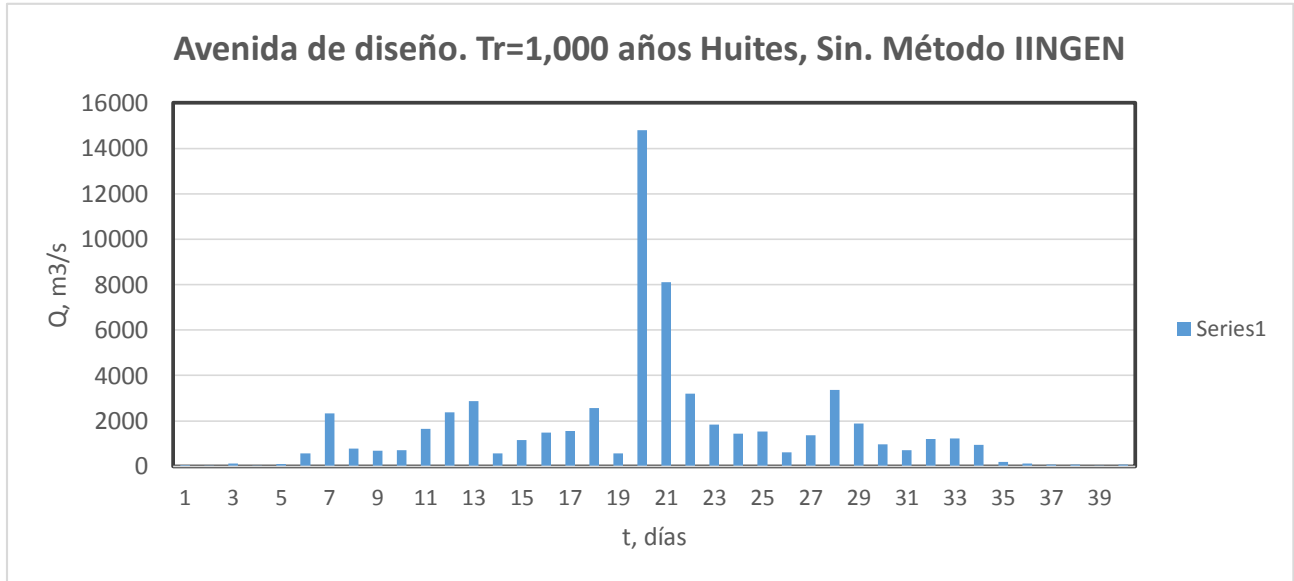


Figura IV.4.2.1 Avenida de diseño, Tr=1,000 años. Presa Huites, Méx, Sin.

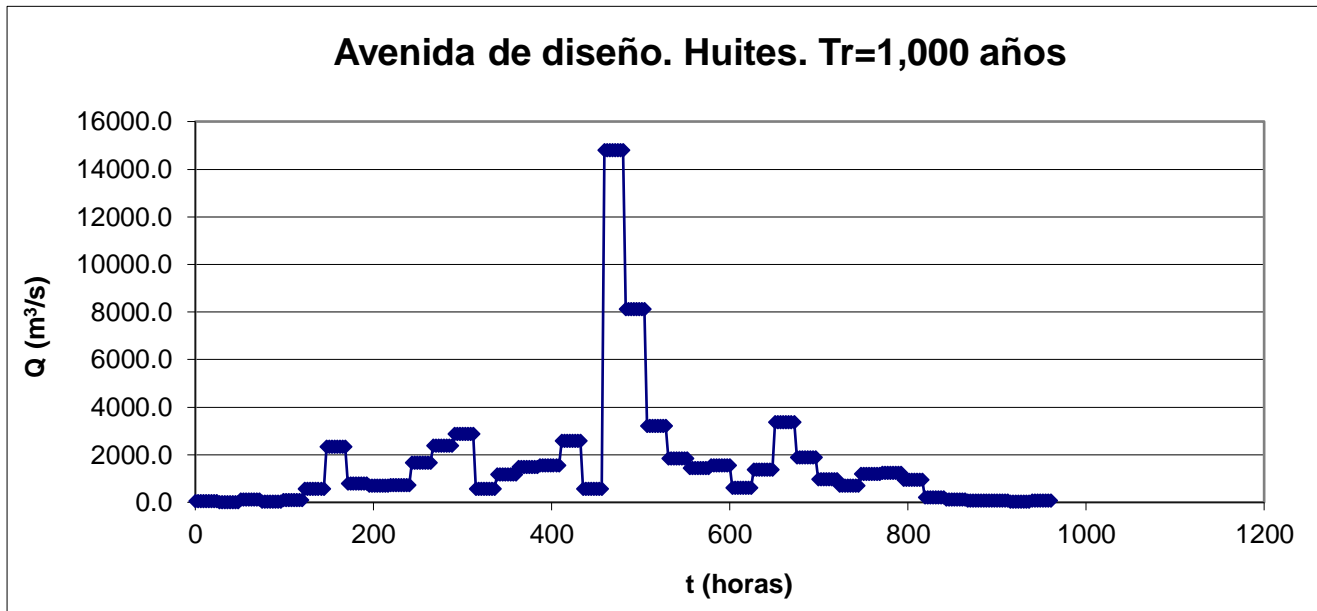


Figura IV.4.2.2 Avenida de Diseño horaria Tr=1,000 años. Presa Huites, Méx, Sin.

Avenida de diseño. Huites. Tr=1,000 años

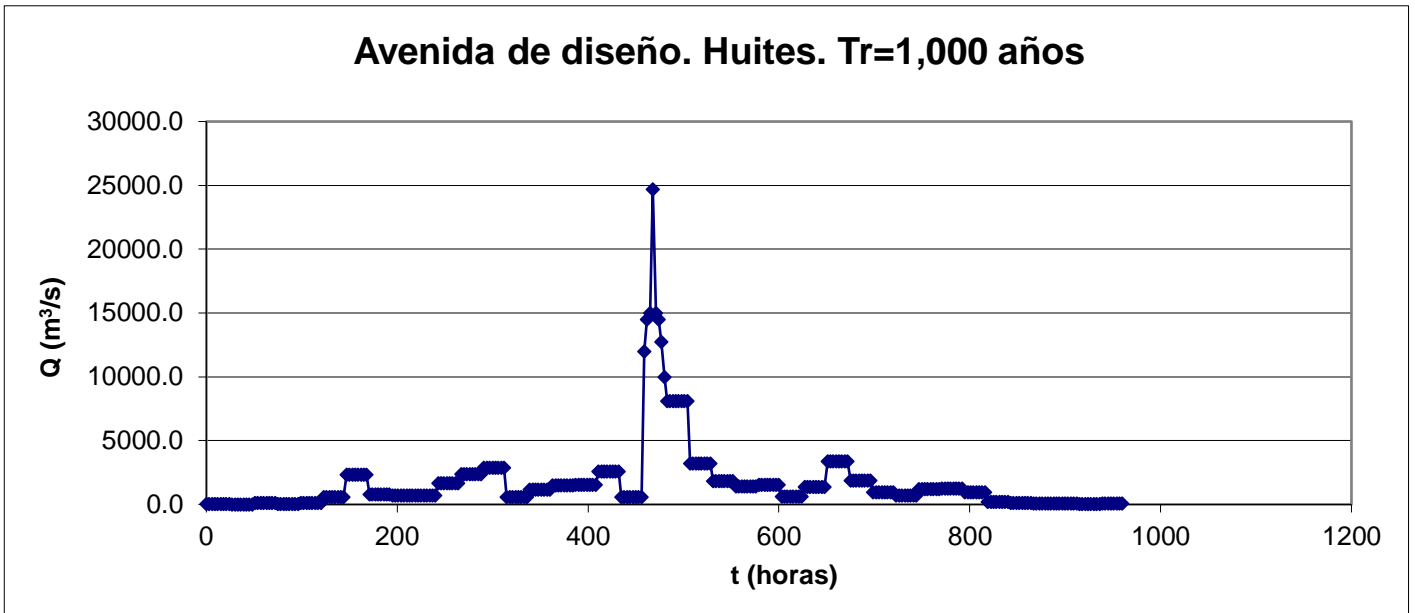


Figura IV.4.2.3 Avenida de Diseño horaria con pico Tr=1,000 años. Presa Huites, Méx, Sin.

IV.4.3 Tr= 500 años.

Avenida de diseño. Tr=500 años Huites, Sin. Método IINGEN

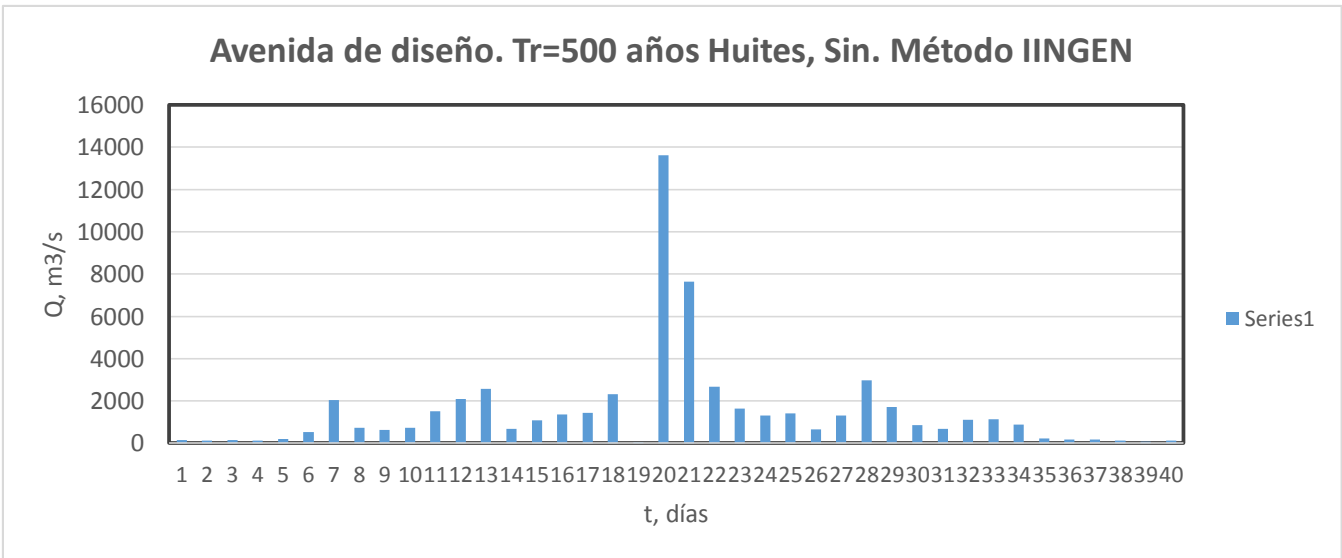


Figura IV.4.3.1 Avenida de diseño, Tr=500 años. Presa Huites, Méx, Sin.

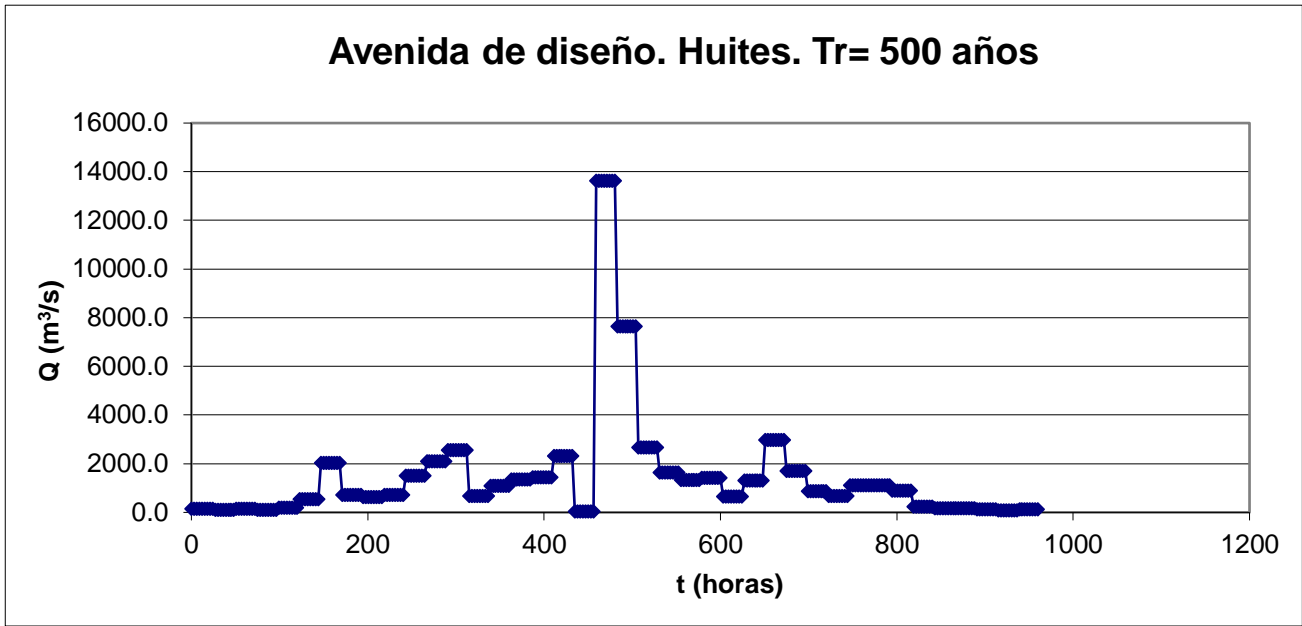


Figura IV.4.3.2 Avenida de Diseño horaria Tr=500 años. Presa Huites, Méx, Sin.

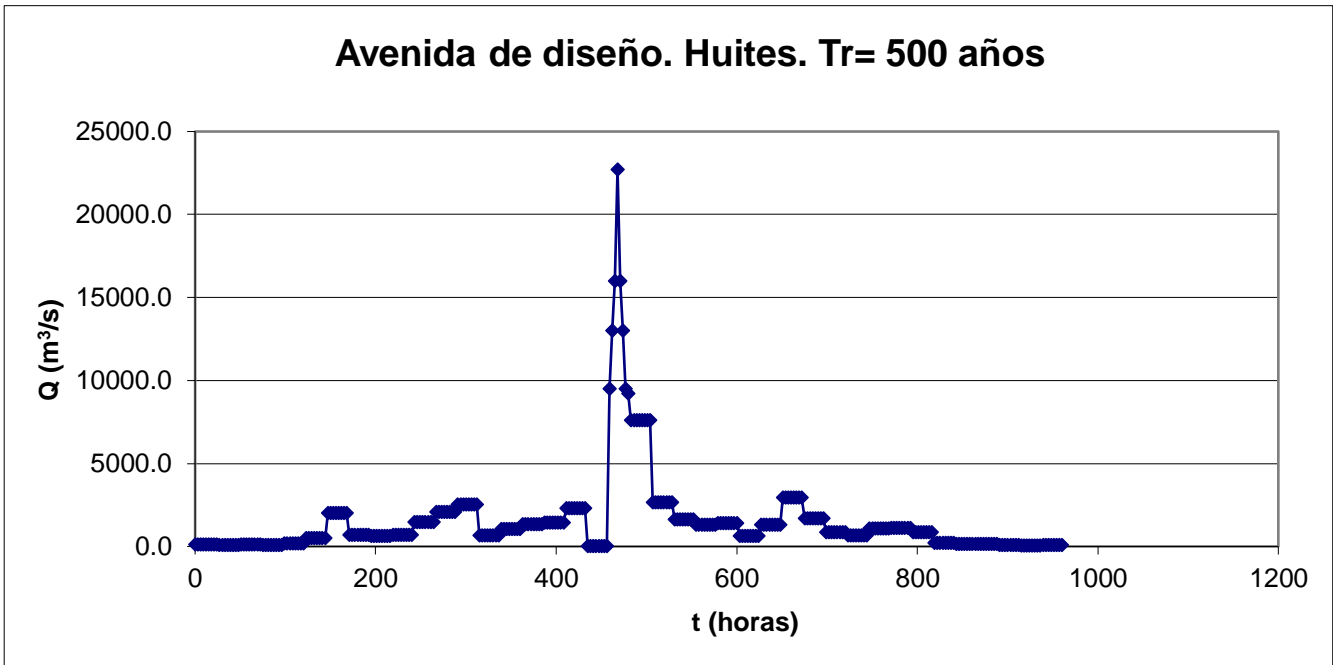


Figura IV.4.3.3 Avenida de Diseño horaria con pico Tr=500 años. Presa Huites, Méx, Sin.

IV.4.4 Tr=100 años

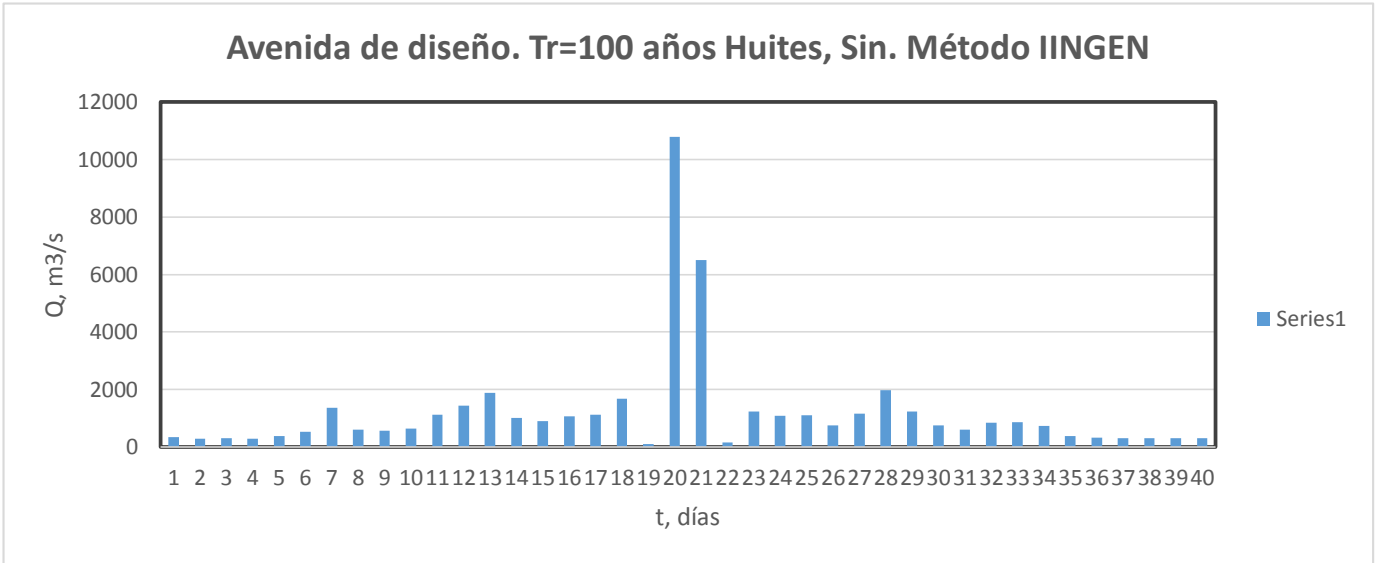


Figura IV.4.4.1 Avenida de diseño, Tr=100 años. Presa Huites, Méx. Sin.

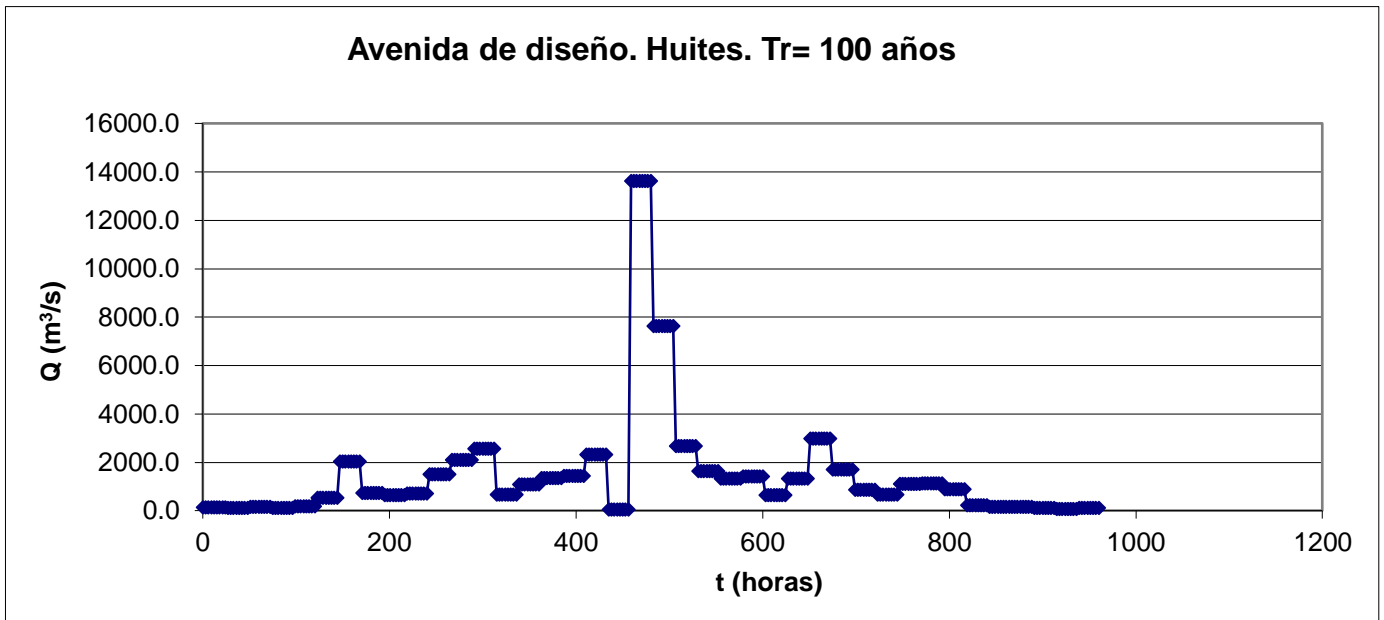


Figura IV.4.4.2 Avenida de Diseño horaria Tr=100 años. Presa Huites, Méx, Sin.

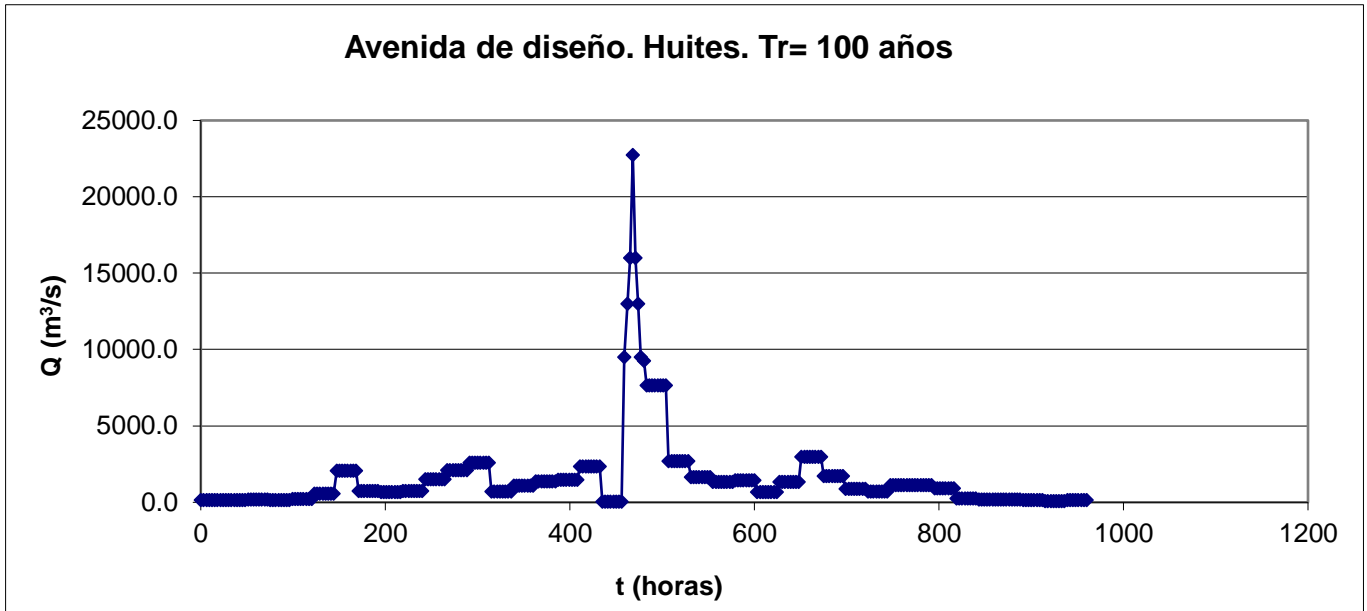


Figura IV.4.3.3 Avenida de Diseño horaria con pico Tr=100 años. Presa Huites, Méx, Sin.

IV.4.5 Tr=50 años

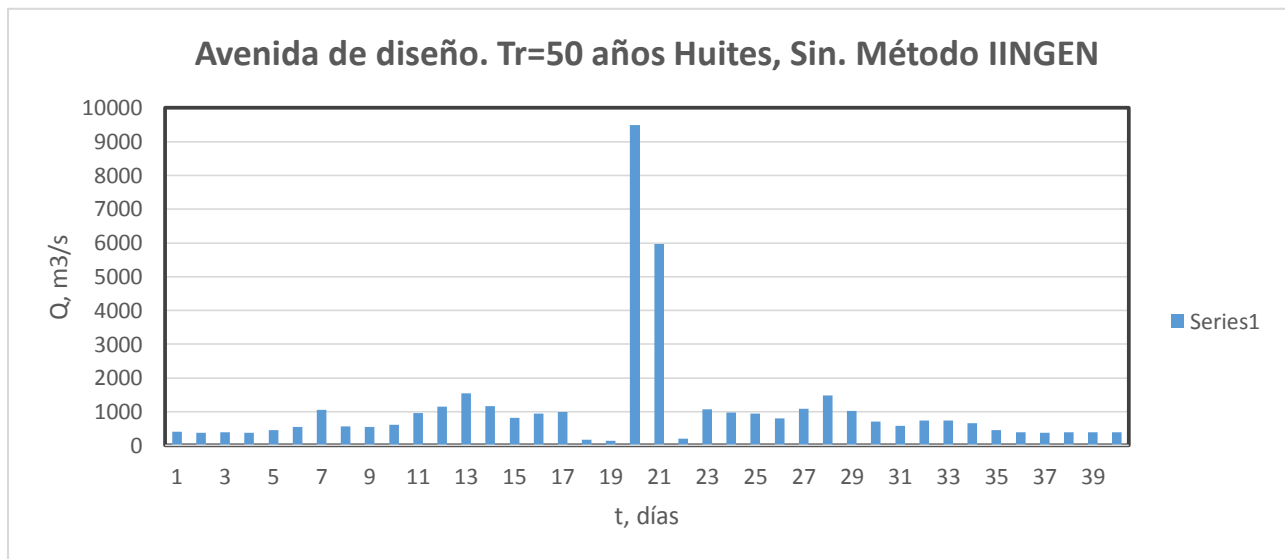


Figura IV.4.5.1 Avenida de diseño, Tr=50 años. Presa Huites, Sin.

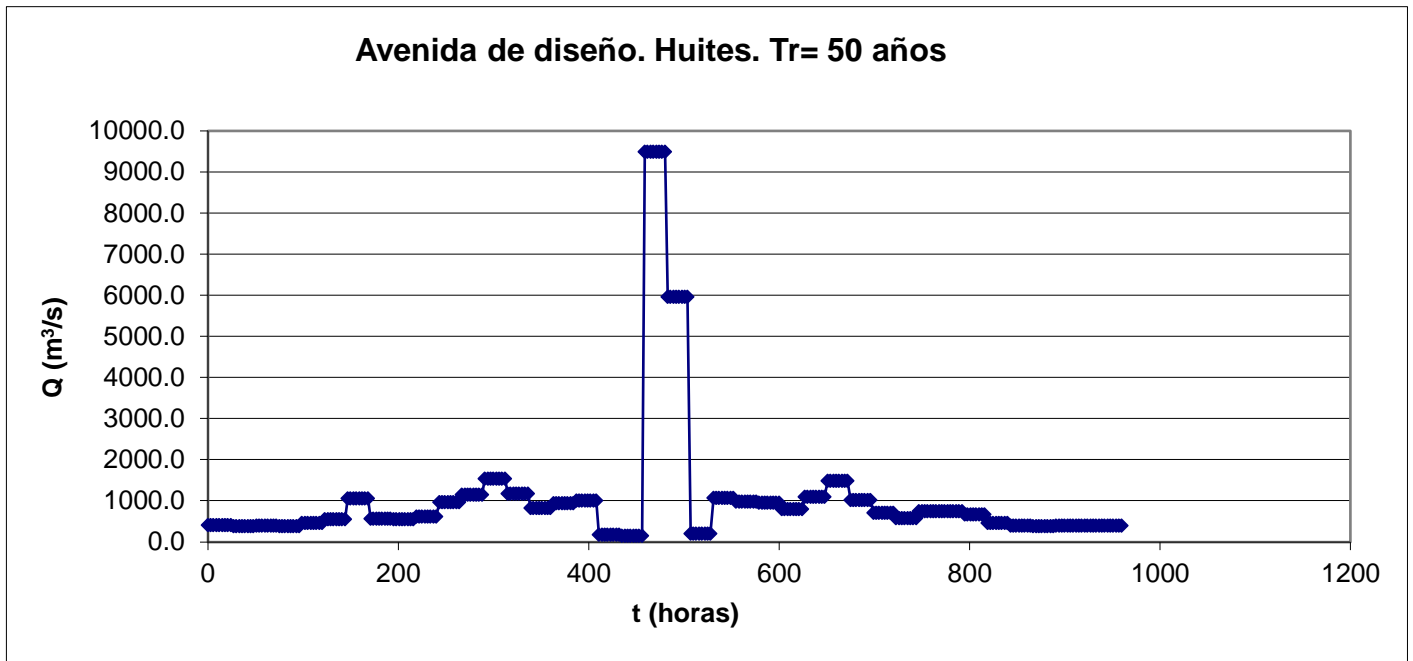


Figura IV.4.5.2 Avenida de Diseño horaria Tr=50 años. Presa Huites, Méx, Sin.

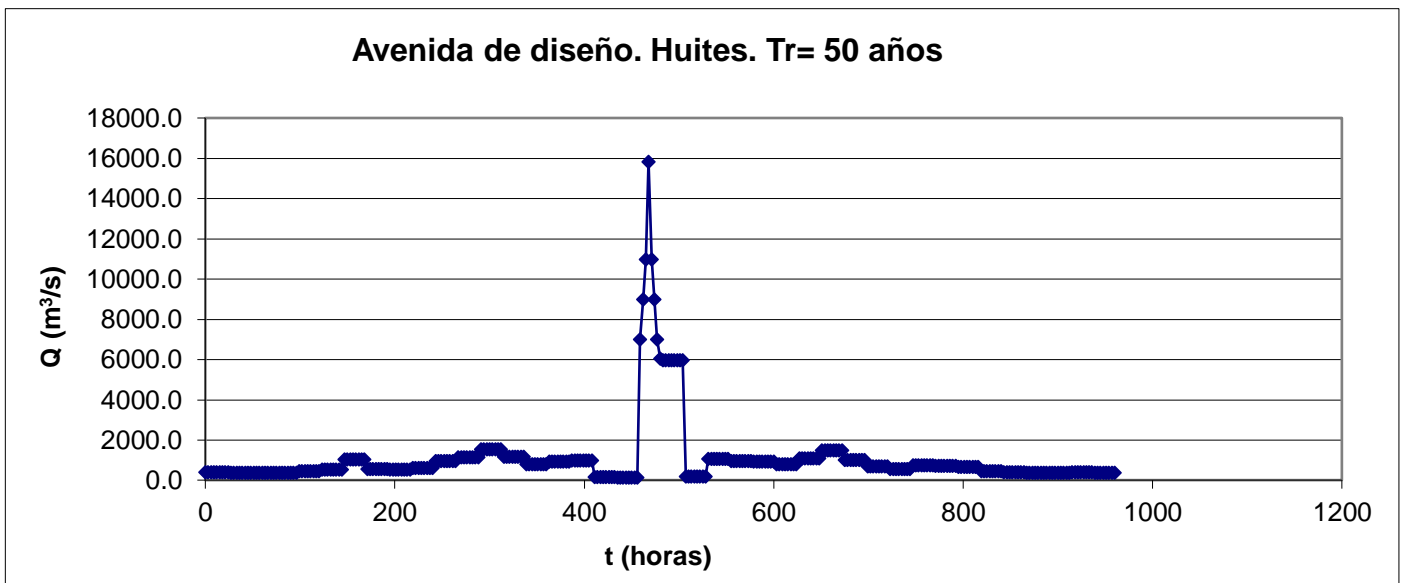


Figura IV.4.5.3 Avenida de Diseño horaria con pico Tr=50 años. Presa Huites, Méx, Sin.

IV.4.6 Tr= 10 años.

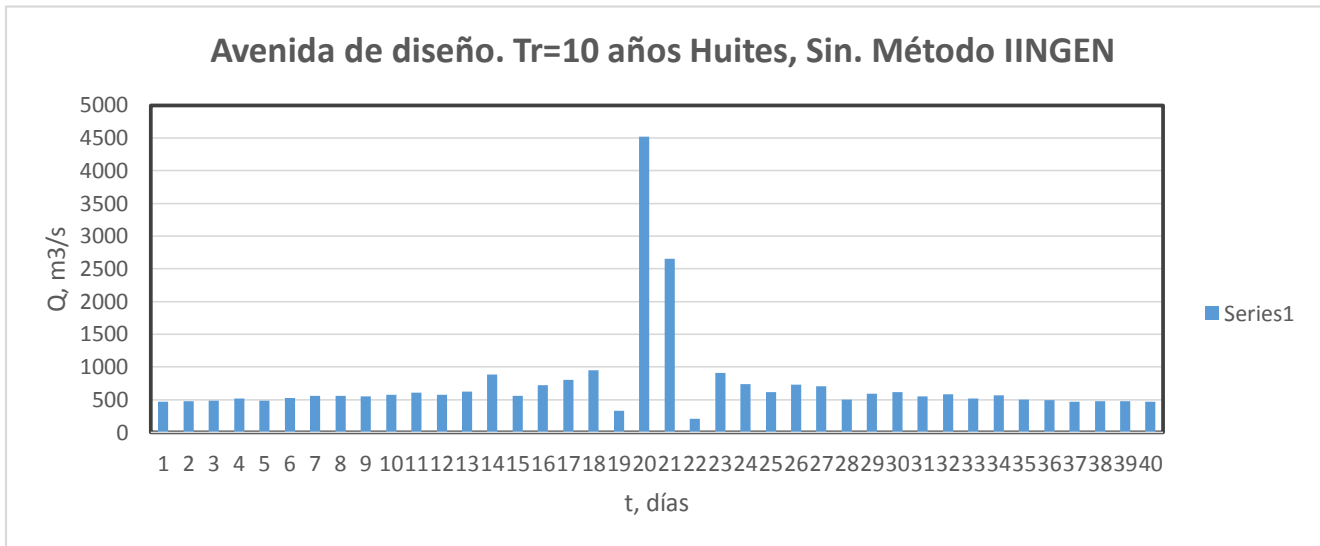


Figura IV.4.6.1 Avenida de diseño, Tr=10 años. Presa Huites, Méx, Sin.

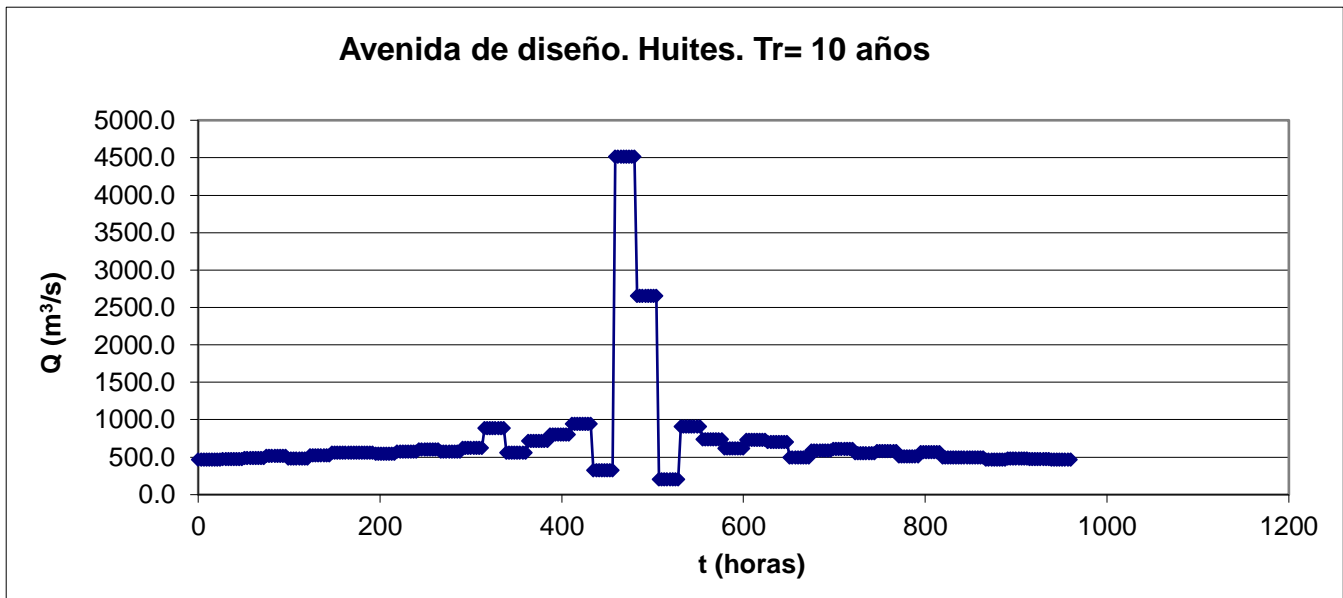


Figura IV.4.6.2 Avenida de Diseño horaria Tr=10 años. Presa Huites, Méx, Sin.

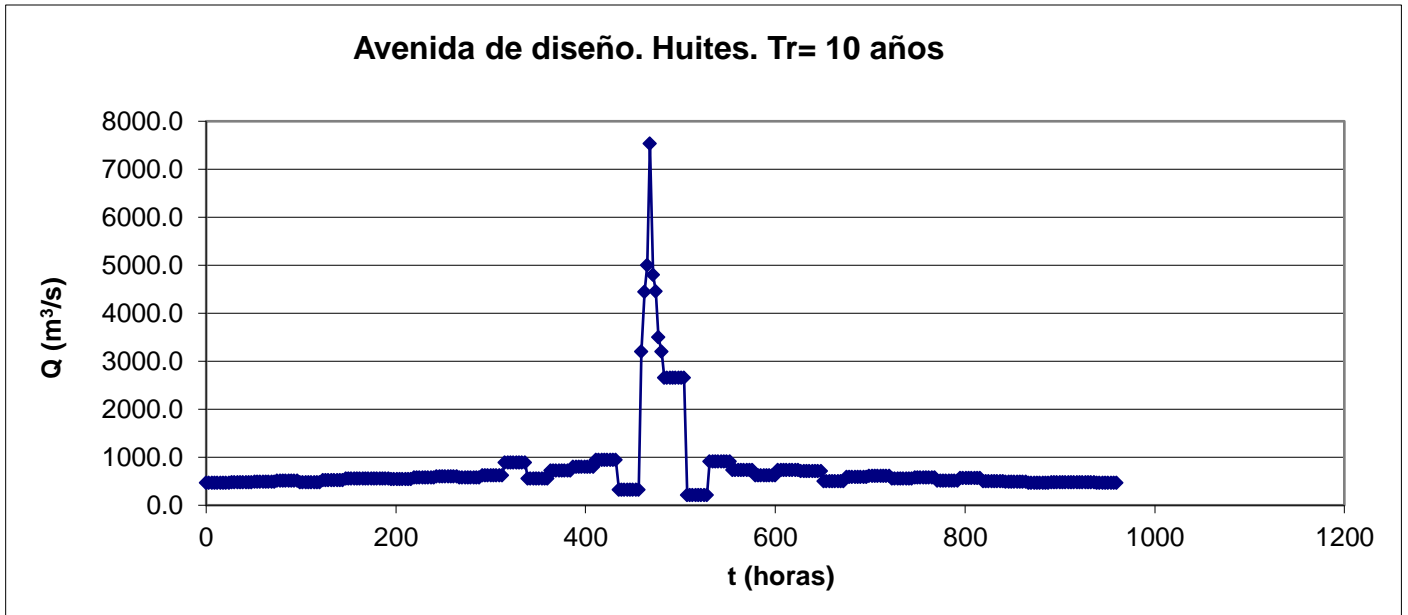


Figura IV.4.6.3 Avenida de Diseño horaria con pico Tr=10 años. Presa Huites, Méx, Sin.

IV.4.7 Tr= 5 años

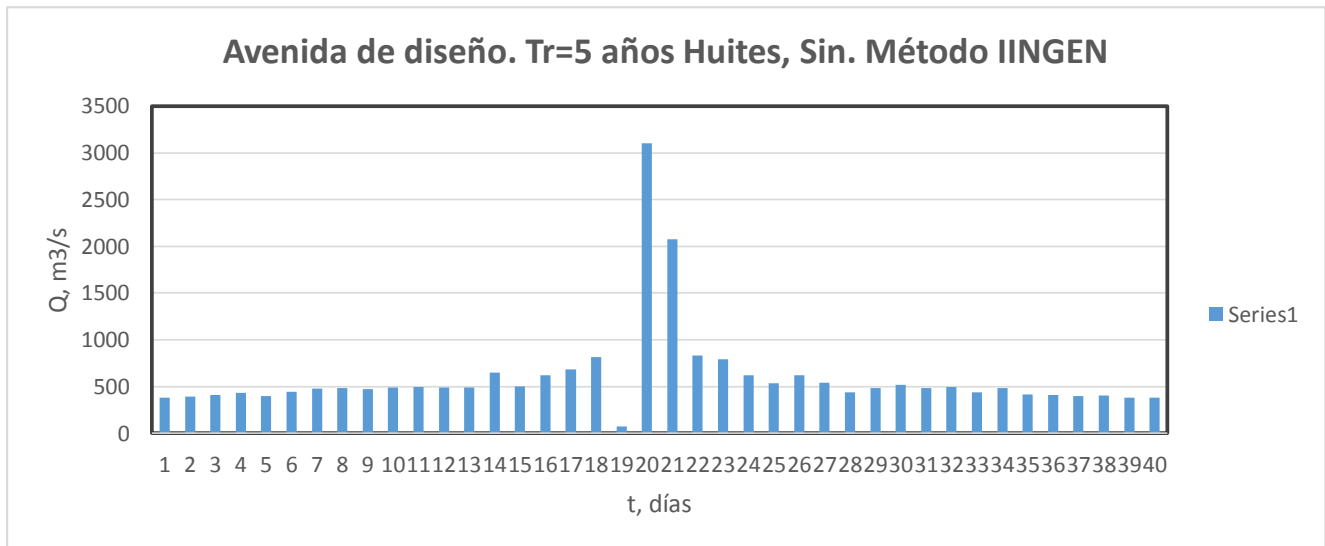


Figura IV.4.7.1 Avenida de diseño, Tr=5 años. Presa Huites, Méx, Sin.

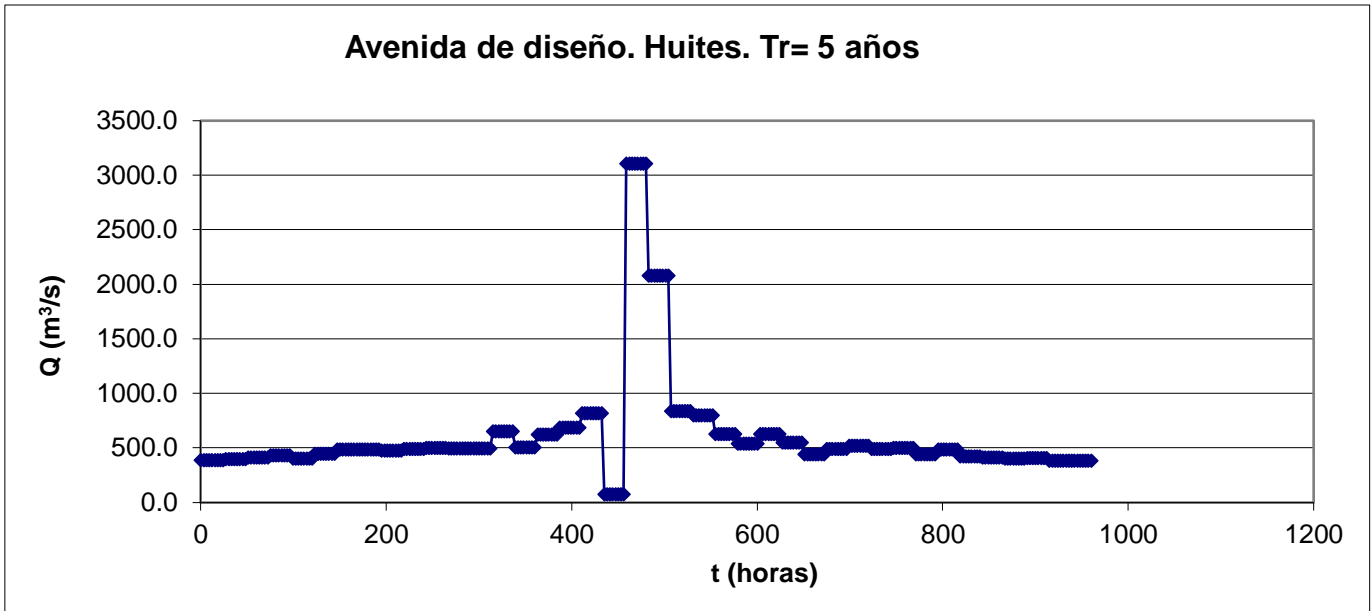


Figura IV.4.7.2 Avenida de Diseño horaria Tr=5 años. Presa Huites, Méx, Sin.

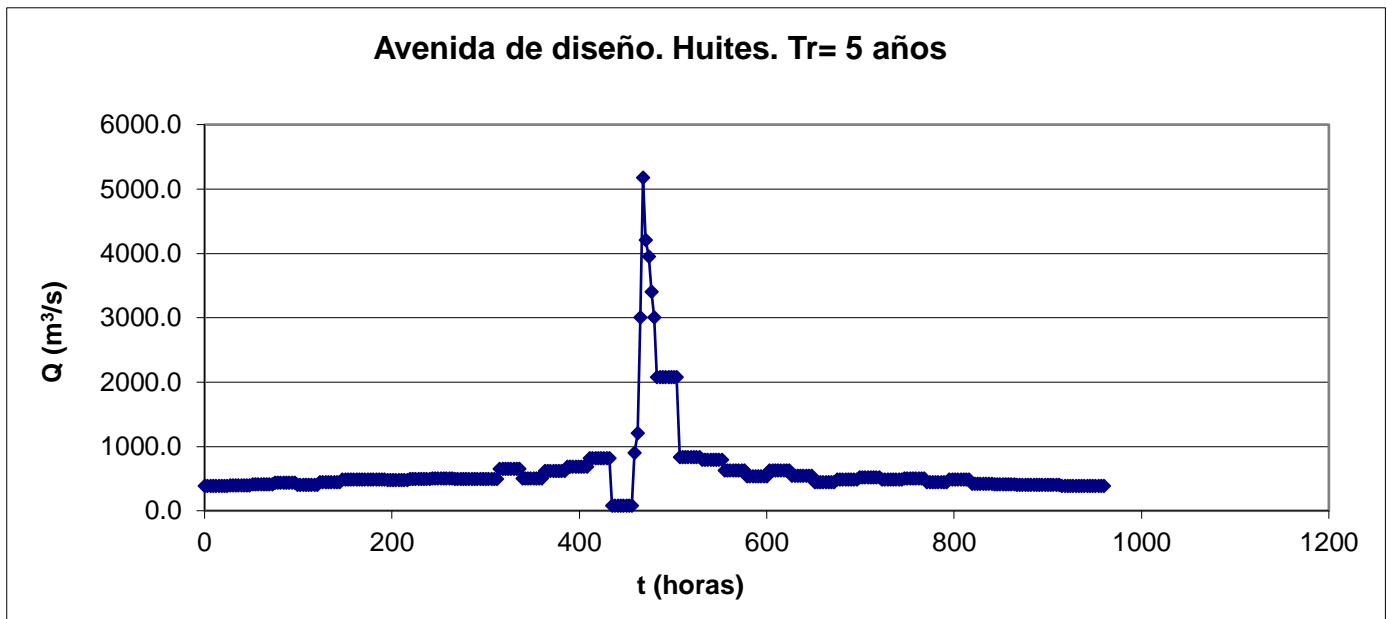


Figura IV.4.7.3 Avenida de Diseño horaria con pico Tr=5 años. Presa Huites, Méx, Sin.

IV.4.8 Tr= 2 años.

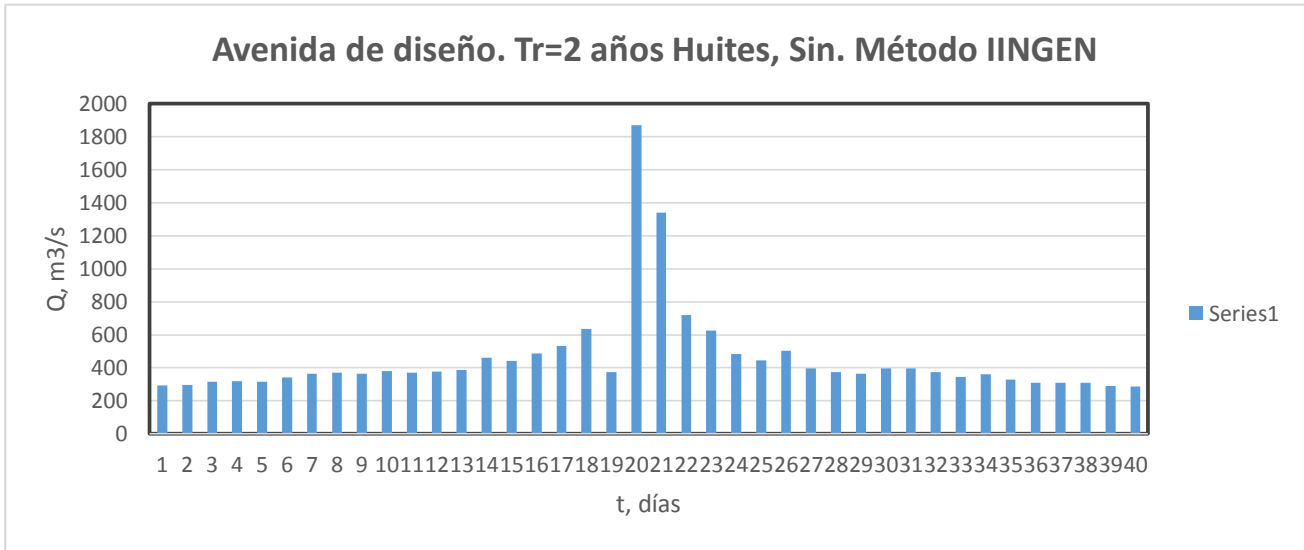


Figura IV.4.8.1 Avenida de diseño, Tr=2 años. Presa Huites, Méx, Sin.

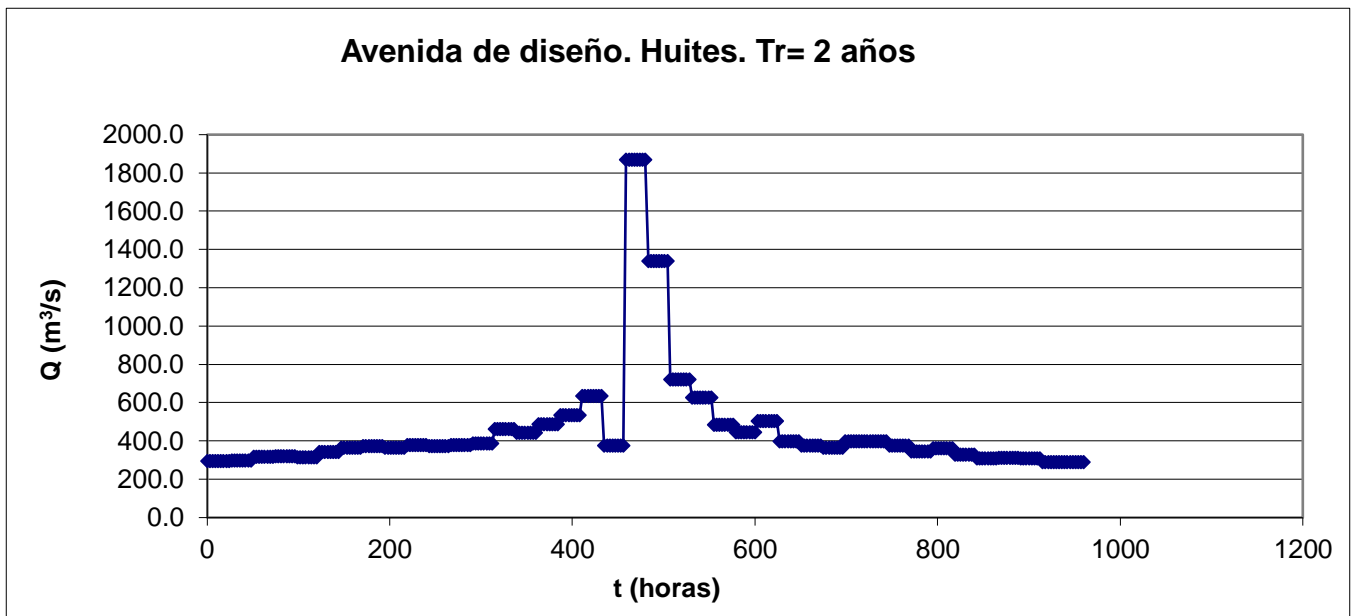


Figura IV.4.8.2 Avenida de Diseño horaria Tr=2 años. Presa Huites, Méx, Sin.

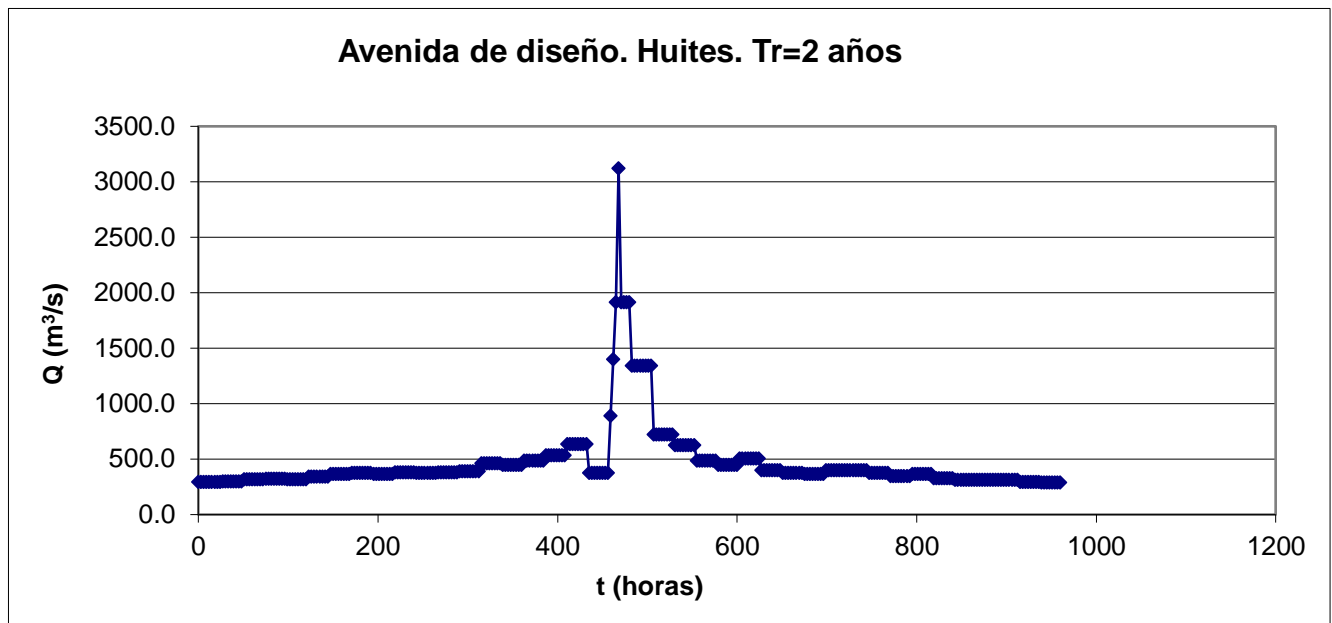


Figura IV.4.8.3 Avenida de Diseño horaria con pico Tr=2 años. Presa Huites, Méx, Sin.

IV.5 Tránsito de Avenida de Diseño para todo el año con Tr= 10,000 años.

Se realizó el tránsito de las avenidas de todo el año, sin considerar forma en el pico de la avenida, primero considerando el NAMO que actualmente maneja el organismo operador del embalse (270 msnm) y la política de operación actual.

En las Figuras IV.5.1 se presentan el resultado con periodo de 10,000 años. En la Tabla IV.5.1 se presenta la curva elevaciones capacidades descargas (política de operación actual del vertedor, tomada del informe CFE, 2007).

Huites. Tránsito de avenidas. $T_r=10,000$ años. Método IINGEN

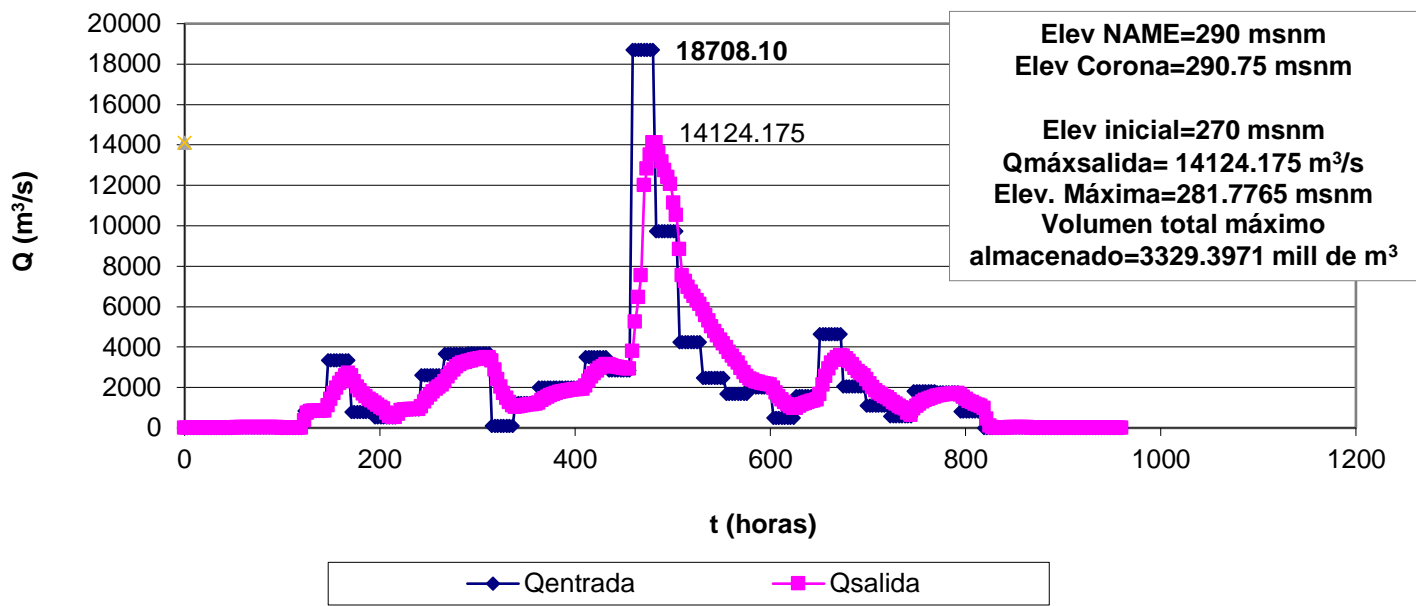


Figura IV.5.1 Tránsito de avenidas $T_r=10,000$ años. NAMO original (Elev 270 msnm). Presa Huites Méx, Sin.

Curvas Elevaciones-Capacidades-Descargas

NAMO

Elevaciones	Capacidades	Descargas
msnm	10⁶ m³	10⁶ m³
270	2409.15	0
270.1	2416.52	925.00
270.2	2423.89	1033.22
270.3	2431.26	1144.33
270.4	2438.63	1255.44
270.5	2446.01	1366.55
270.6	2453.38	1477.66
270.7	2460.75	1588.77
270.8	2468.12	1699.88
270.9	2475.49	1810.99
271	2482.86	1925.00
271.1	2490.23	2052.50
271.2	2497.60	2180.00
271.3	2504.97	2307.50
271.4	2512.34	2435.00
271.5	2519.72	2562.50
271.6	2527.09	2690.00
271.7	2534.46	2817.50
271.8	2541.83	2945.00
271.9	2549.20	3072.50
272	2556.57	3200.00
272.1	2563.94	3269.55
272.2	2571.31	3338.78
272.3	2578.68	3408.01
272.4	2586.05	3477.24
272.5	2593.43	3546.47
272.6	2600.80	3615.71
272.7	2608.17	3684.94
272.8	2615.54	3754.17
272.9	2622.91	3823.40
273	2630.28	3892.63
273.1	2637.65	3961.86
273.2	2645.02	4031.09
273.3	2652.39	4100.32
273.4	2659.76	4169.55

Elevaciones	Capacidades	Descargas
msnm	10⁶ m³	10⁶ m³
273.5	2667.14	4238.78
273.6	2674.51	4308.02
273.7	2681.88	4377.25
273.8	2689.25	4446.48
273.9	2696.62	4515.71
274	2703.99	4584.94
274.1	2711.36	4654.17
274.2	2718.73	4723.40
274.3	2726.10	4792.63
274.4	2733.47	4861.86
274.5	2740.85	4931.09
274.6	2748.22	5000.33
274.7	2755.59	5069.56
274.8	2762.96	5138.79
274.9	2770.33	5208.02
275	2777.70	5277.25
275.1	2785.68	5346.48
275.2	2793.65	5415.71
275.3	2801.63	5484.94
275.4	2809.61	5554.17
275.5	2817.59	5623.41
275.6	2825.56	5692.64
275.7	2833.54	5761.87
275.8	2841.52	5831.10
275.9	2849.50	5900.33
276	2857.47	5969.56
276.1	2865.45	6038.79
276.2	2873.43	6108.02
276.3	2881.41	6177.25
276.4	2889.38	6246.48
276.5	2897.36	6315.72
276.6	2905.34	6384.95
276.7	2913.32	6454.18
276.8	2921.29	6523.41
276.9	2929.27	6592.64
277	2937.25	6661.87
277.1	2945.23	6731.10
277.2	2953.20	6800.33
277.3	2961.18	6869.56
277.4	2969.16	6938.79

Continuación.

Elevaciones	Capacidades	Descargas
msnm	10⁶ m³	10⁶ m³
277.5	2977.14	7008.02
277.6	2985.11	7077.26
277.7	2993.09	7146.49
277.8	3001.07	7215.72
277.9	3009.04	7284.95
278	3017.02	7354.18
278.1	3025.00	7423.41
278.2	3032.98	7492.64
278.3	3040.95	7561.87
278.4	3048.93	7631.10
278.5	3056.91	7700.00
278.6	3064.89	8130.00
278.7	3072.86	8560.00
278.8	3080.84	8990.00
278.9	3088.82	9420.00
279	3096.80	9850.00
279.1	3104.77	10280.00
279.2	3112.75	10710.00
279.3	3120.73	11140.00
279.4	3128.71	11570.00
279.5	3136.68	12000.00
279.6	3144.66	12098.90
279.7	3152.64	12198.37
279.8	3160.62	12297.85
279.9	3168.59	12397.32
280	3176.57	12496.80
280.1	3185.17	12596.28
280.2	3193.78	12695.75
280.3	3202.38	12795.23
280.4	3210.98	12894.70
280.5	3219.58	12994.18
280.6	3228.19	13093.66
280.7	3236.79	13193.13
280.8	3245.39	13292.61
280.9	3253.99	13392.08
281	3262.60	13491.56
281.1	3271.20	13591.04
281.2	3279.80	13690.51
281.3	3288.40	13789.99
281.4	3297.01	13889.46

Continuación.

Elevaciones	Capacidades	Descargas
msnm	10⁶ m³	10⁶ m³
281.5	3305.61	13988.94
281.6	3314.21	14088.42
281.7	3322.81	14187.89
281.8	3331.42	14287.37
281.9	3340.02	14386.84
282	3348.62	14486.32
282.1	3357.22	14585.80
282.2	3365.83	14685.27
282.3	3374.43	14784.75
282.4	3383.03	14884.22
282.5	3391.64	14983.70
282.6	3400.24	15083.18
282.7	3408.84	15182.65
282.8	3417.44	15282.13
282.9	3426.05	15381.60
283	3434.65	15481.08
283.1	3443.25	15580.56
283.2	3451.85	15680.03
283.3	3460.46	15779.51
283.4	3469.06	15878.98
283.5	3477.66	15978.46
283.6	3486.26	16077.94
283.7	3494.87	16177.41
283.8	3503.47	16276.89
283.9	3512.07	16376.36
284	3520.67	16475.84
284.1	3529.28	16575.32
284.2	3537.88	16674.79
284.3	3546.48	16774.27
284.4	3555.08	16873.74
284.5	3563.69	16973.22
284.6	3572.29	17072.70
284.7	3580.89	17172.17
284.8	3589.49	17271.65
284.9	3598.10	17371.12
285	3606.70	17470.60
285.1	3615.95	17570.08
285.2	3625.20	17669.55
285.3	3634.44	17769.03
285.4	3643.69	17868.50

Continuación.

Elevaciones	Capacidades	Descargas
msnm	10⁶ m³	10⁶ m³
285.5	3652.94	17967.98
285.6	3662.19	18067.46
285.7	3671.43	18166.93
285.8	3680.68	18266.41
285.9	3689.93	18365.88
286	3699.18	18465.36
286.1	3708.43	18564.84
286.2	3717.67	18664.31
286.3	3726.92	18763.79
286.4	3736.17	18863.26
286.5	3745.42	18962.74
286.6	3754.66	19062.22
286.7	3763.91	19161.69
286.8	3773.16	19261.17
286.9	3782.41	19360.64
287	3791.66	19460.12
287.1	3800.90	19559.60
287.2	3810.15	19659.07
287.3	3819.40	19758.55
287.4	3828.65	19858.02
287.5	3837.90	19957.50
287.6	3847.14	20056.98
287.7	3856.39	20156.45
287.8	3865.64	20255.93
287.9	3874.89	20355.40
288	3884.13	20454.88
288.1	3893.38	20554.36
288.2	3902.63	20653.83
288.3	3911.88	20753.31
288.4	3921.13	20852.78
288.5	3930.37	20952.26
288.6	3939.62	21051.74
288.7	3948.87	21151.21
288.8	3958.12	21250.69
288.9	3967.36	21350.16
289	3976.61	21449.64
289.1	3985.86	21549.12
289.2	3995.11	21648.59
289.3	4004.36	21748.07
289.4	4013.60	21847.54

Continuación.

Elevaciones	Capacidades	Descargas
msnm	10^6 m^3	10^6 m^3
289.5	4022.85	21947.02
289.6	4032.10	22046.50
289.7	4041.35	22145.97
289.8	4050.59	22245.45
289.9	4059.84	22344.92
290	4069.09	22445.00

NAME

Tabla IV.5.1. Tránsito de avenidas $T_r=10,000$ años. NAMO original (Elev 270 msnm). Presa Huites, Méx, Sin.

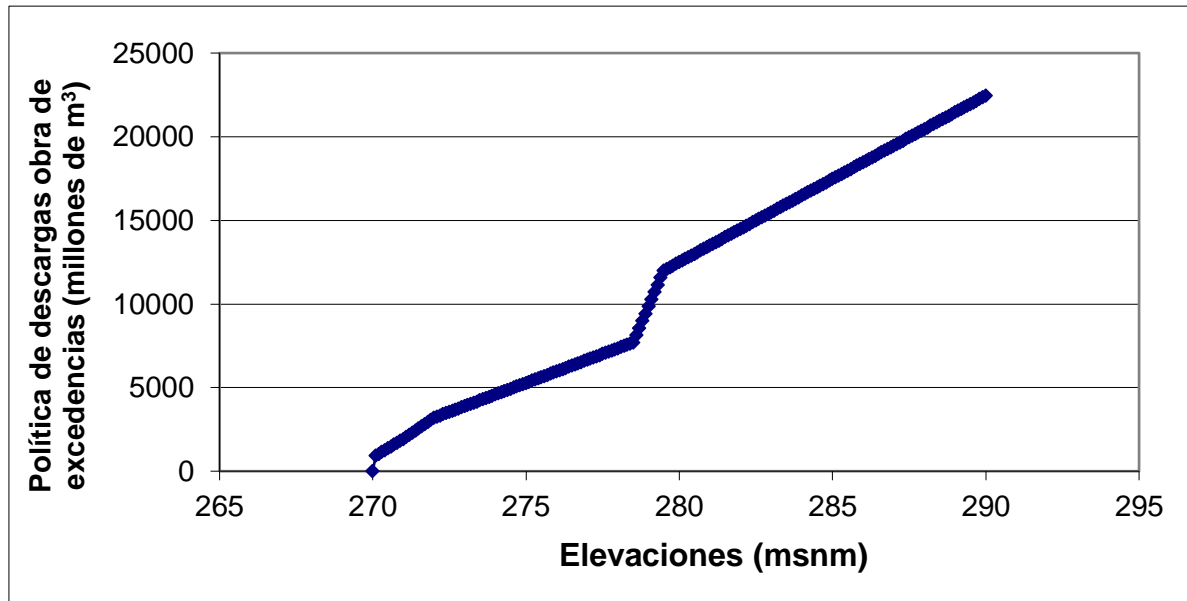


Figura IV.5.2 Curva elevación-descarga. Presa Huites, Méx. Sin.

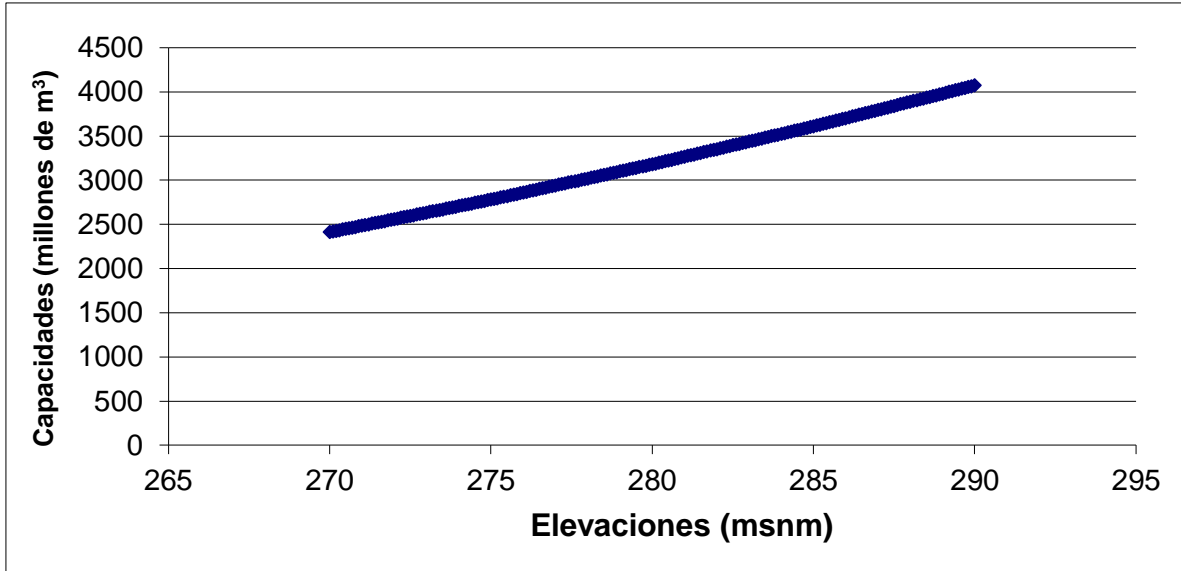


Figura IV.5.3 Curva elevaciones-capacidades. Presa Huites, Méx. Sin.

A dicha Avenida de Diseño se le propuso colocarle pico sin modificar gasto de salida (Figura IV.5.4).

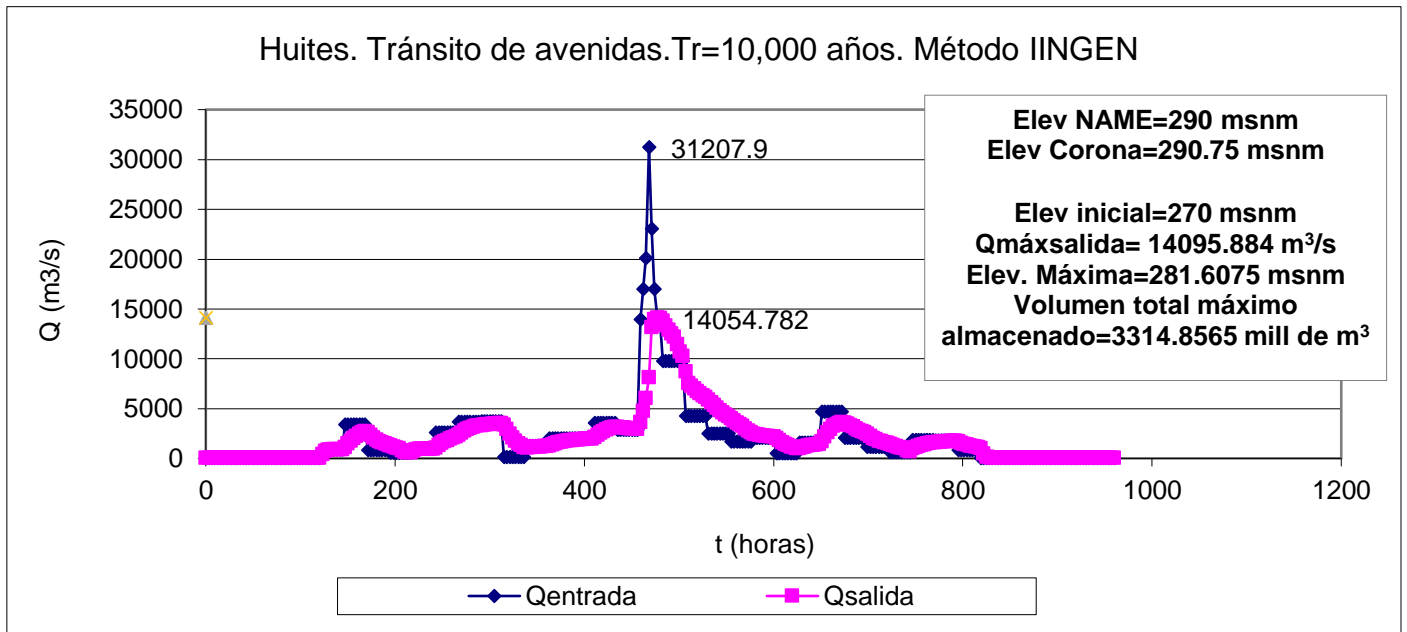


Figura IV.5.4. Tránsito de avenidas $Tr=10,000$ años. NAMO original (Elev 270 msnm) con pico. Presa Huites Méx, Sin.

Debido a que el nivel máximo alcanzado en el embalse quedaba muy por debajo del NAME, se realizaron nuevas simulaciones:

- Se propuso la condición de elevación inicial del embalse de 274 msnm sin darle pico a la Avenida de Diseño y una política de descarga más conservadora a partir de ese nivel (Figura VI.5.5).

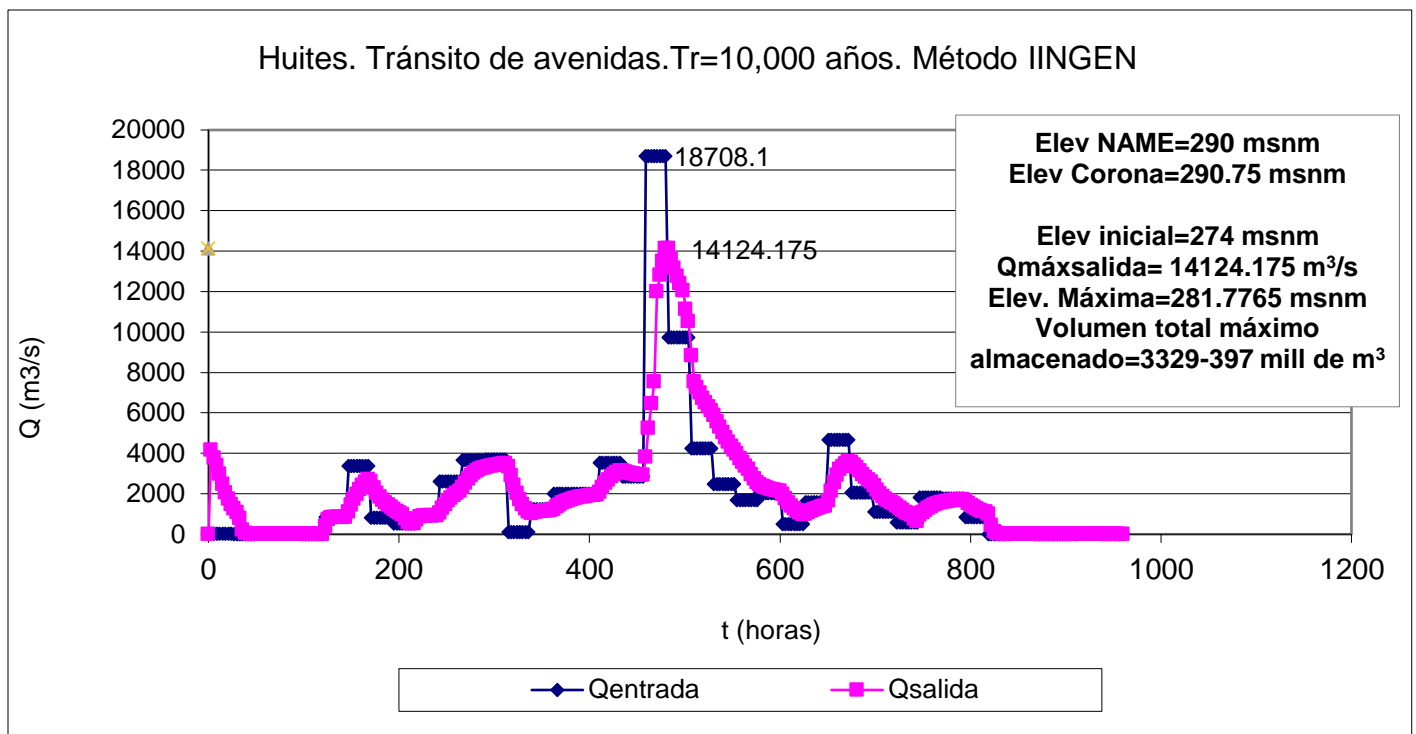


Figura IV.5.5. Tránsito de avenidas $T_r=10,000$ años NAMO modificado (Elev 274 msnm). Presa Huites, Méx, Sin.

- 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 IV.5.6 se indica el resultado para la avenida, se observa que la elevación máxima del agua es casi metro y medio más que cuando no se considera el pico de la avenida, pero aún sin peligro de rebase del NAME.

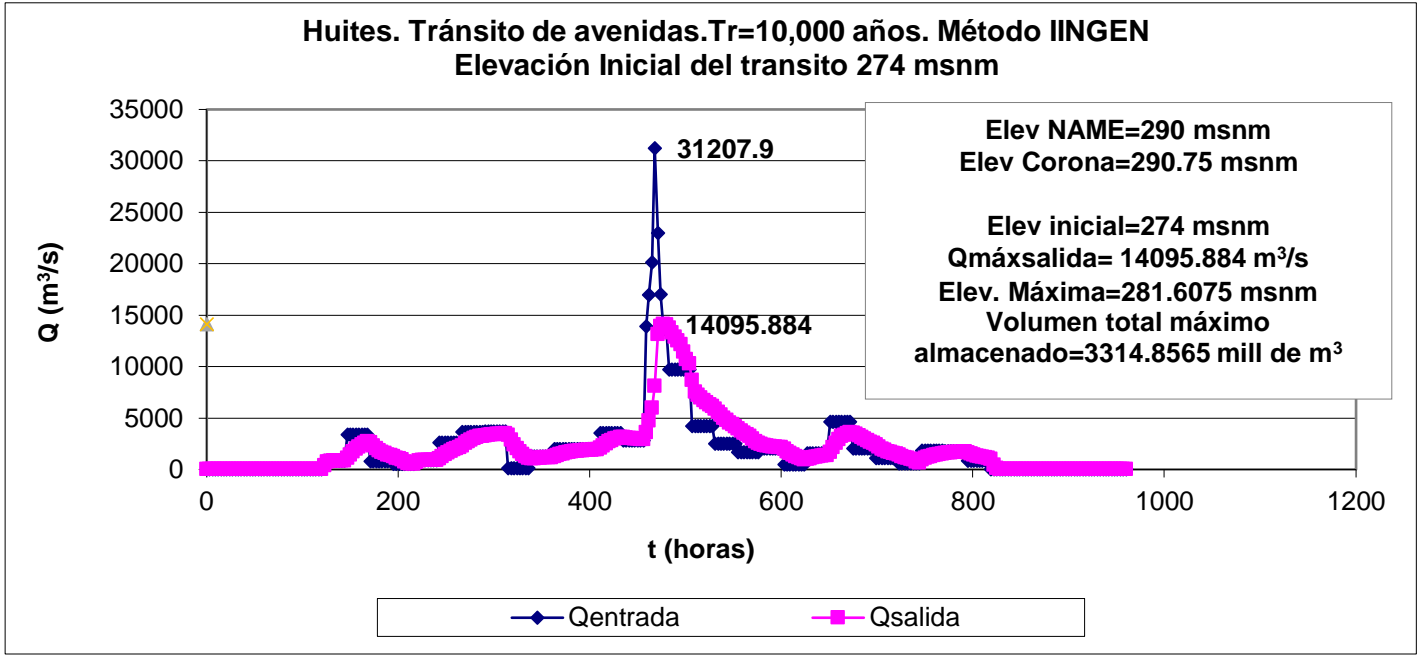


Figura IV.5.6 Tránsito de avenidas Tr=10,000 años dando forma al gasto de pico de la avenida Presa Huites, Méx. Sin.

IV.6 Tránsito de avenidas para diferentes periodos de Retorno.

Se calcularon tránsitos de avenidas con el nuevo NAMO sugerido para diferentes periodos de retornos 5,000, 1,000, 500, 100, 50, 10 y 2 años, a continuación se mostraran las gráficas que se obtuvieron para dichos años.

IV.6.1 Tr= 5,000 años.

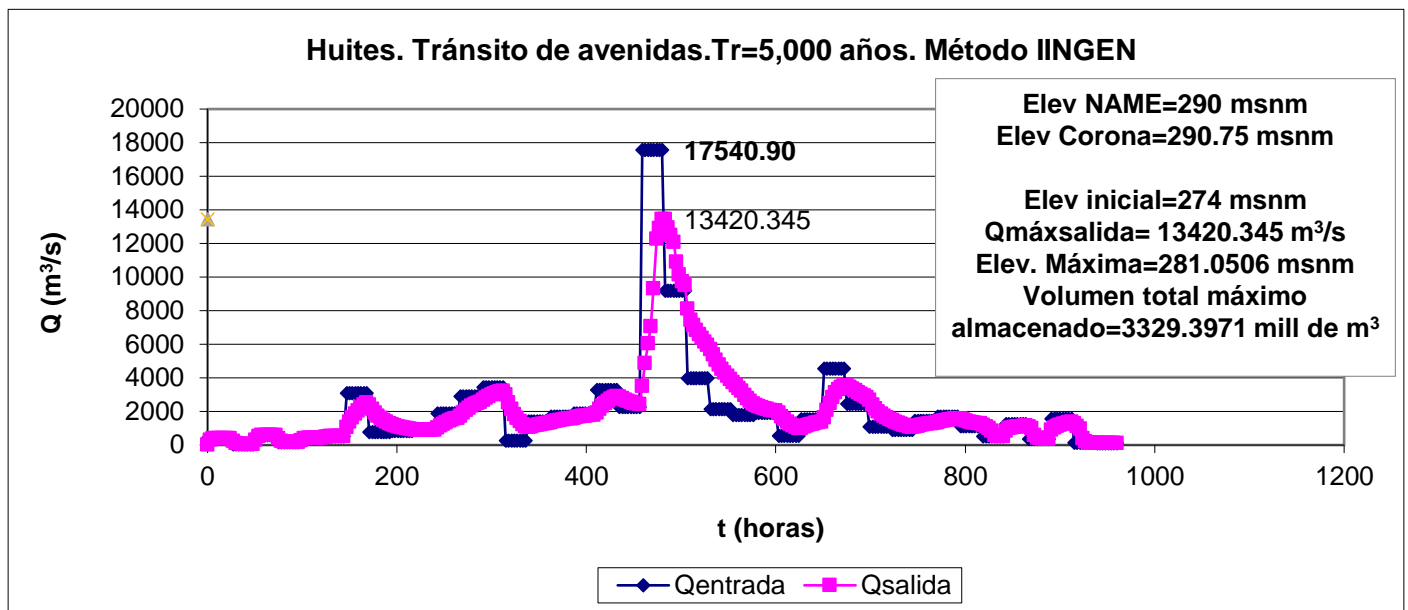


Figura IV.6.1.1 Tránsito de avenidas Tr=5,000 años. NAMO original (Elev 270 msnm). Presa Huites, Méx, Sin.

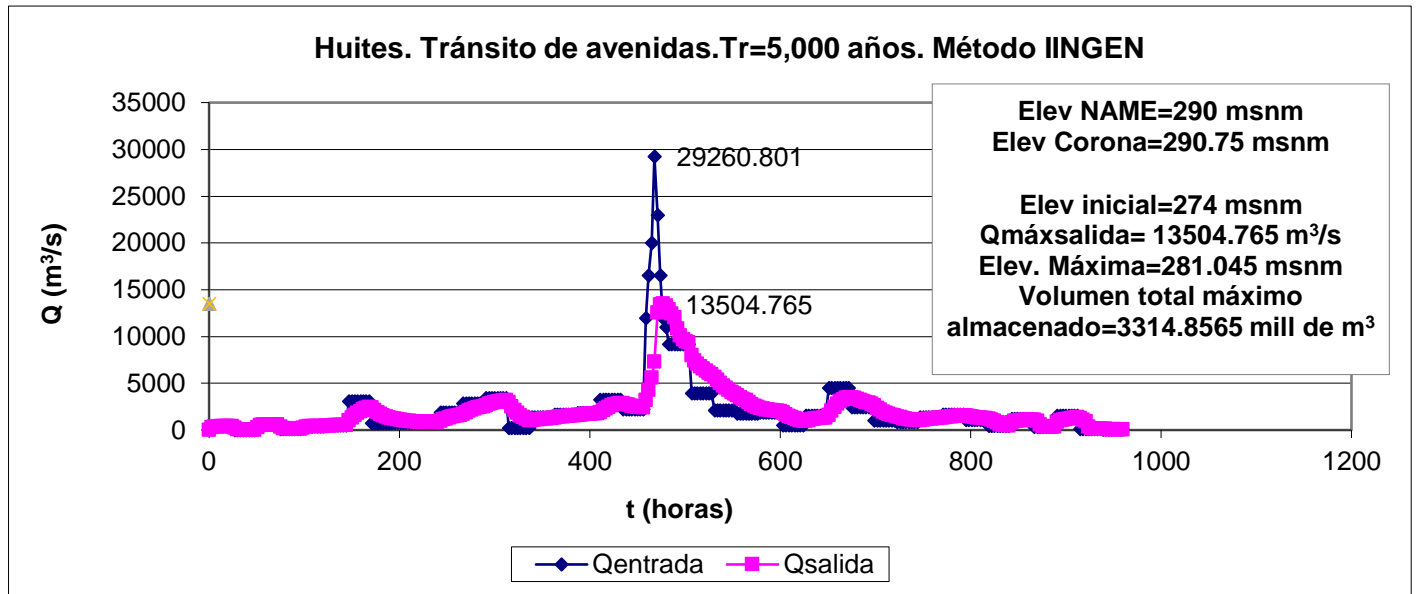


Figura IV.6.1.2 Tránsito de avenidas Tr=5,000 años. NAMO sugerido (Elev 274 msnm) con pico. Presa Huites, Méx, Sin.

IV.6.2 Tr= 1,000 años

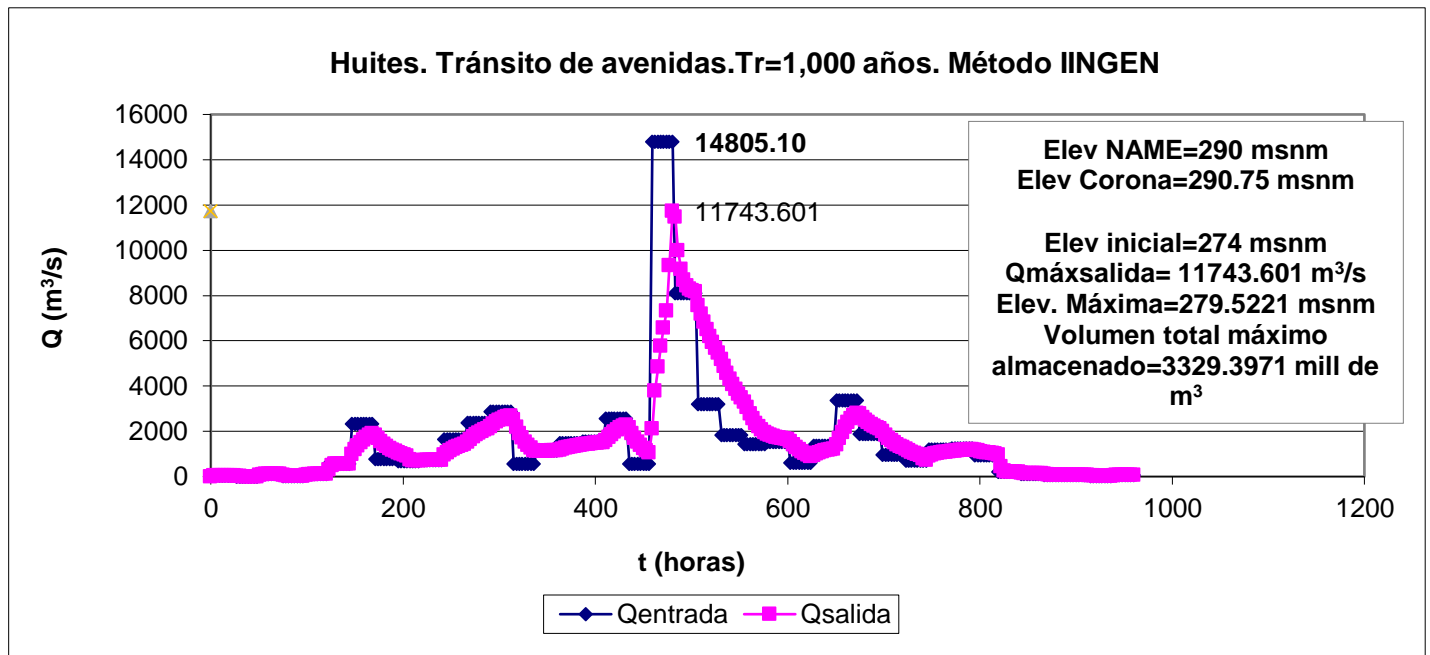


Figura IV.6.2.1 Tránsito de avenidas Tr=1,000 años. NAMO sugerido (Elev 274 msnm) . Presa Huites Méx, Sin.

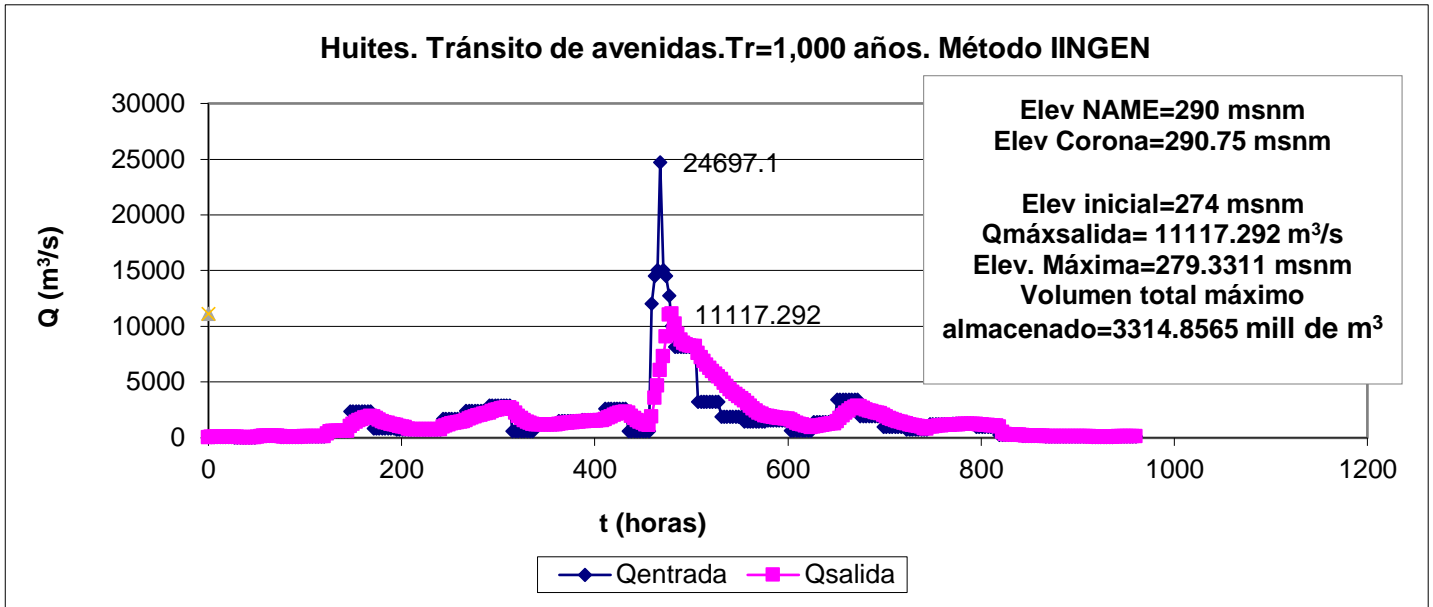


Figura IV.6.2.2 Tránsito de avenidas Tr=1,000 años. NAMO sugerido (Elev 274 msnm) con pico. Presa Huites Méx, Sin.

IV.6.3 Tr= 500 años

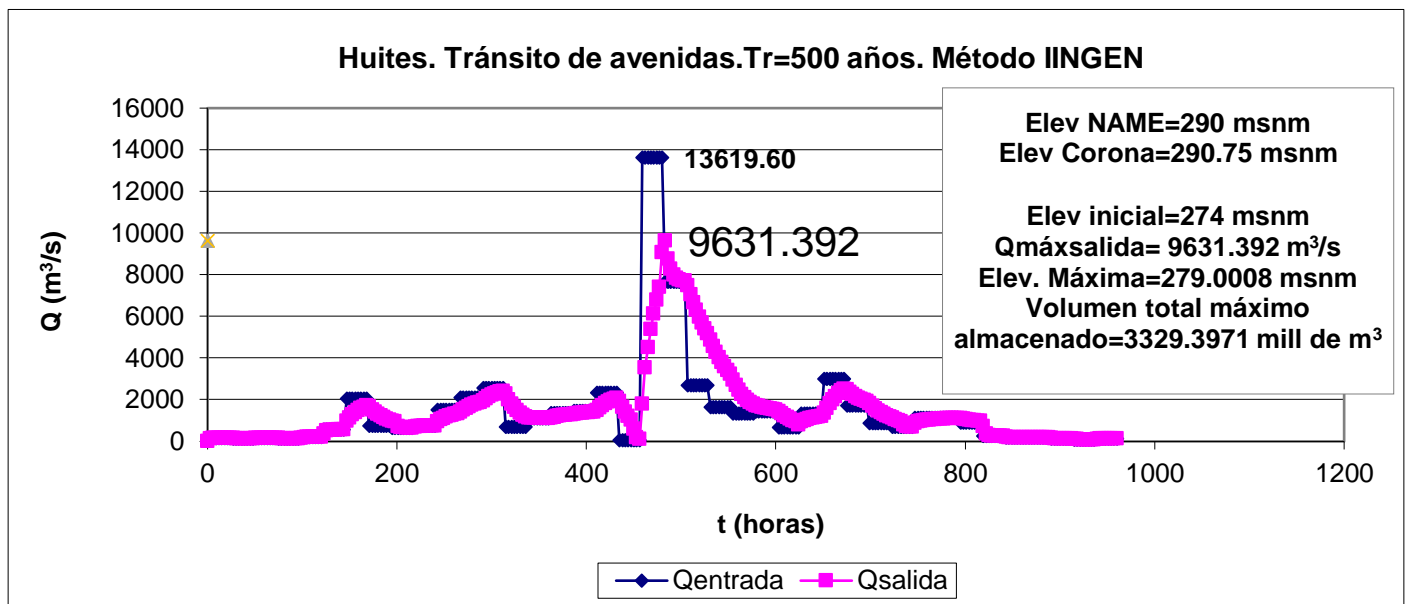


Figura IV.6.3.1 Tránsito de avenidas Tr=500 años. NAMO sugerido (Elev 274 msnm). Presa Huites Méx, Sin.

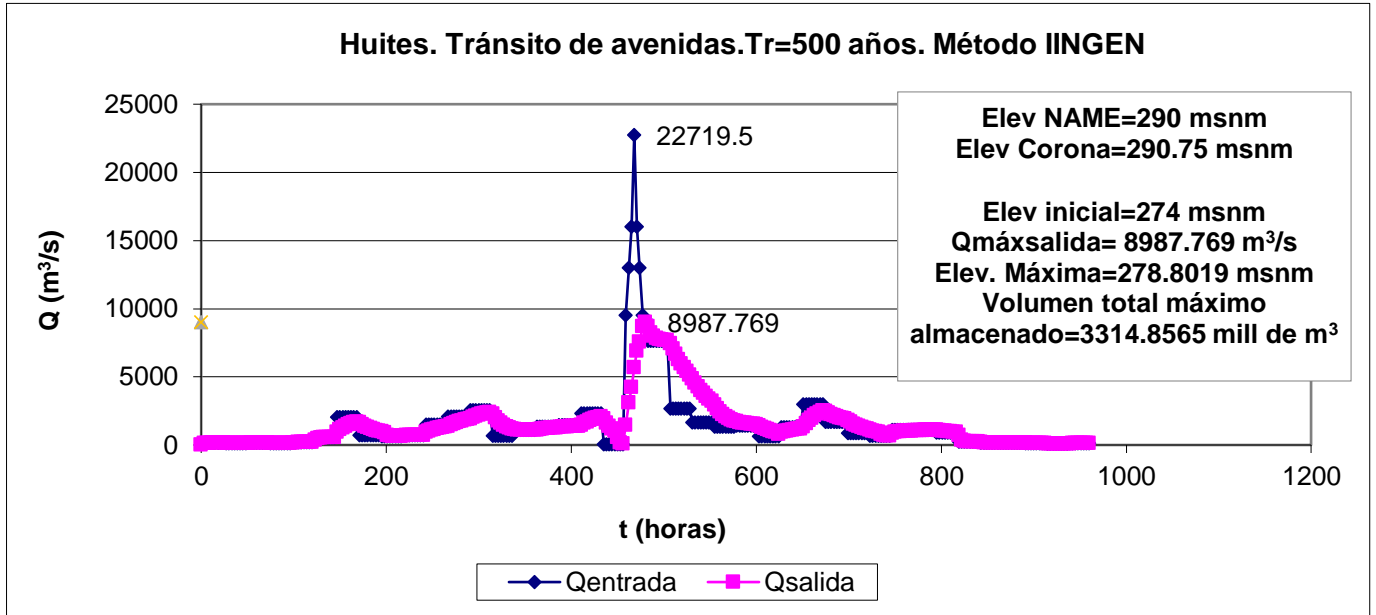


Figura IV.6.3.2 Tránsito de avenidas Tr=500 años. NAMO sugerido (Elev 274 msnm) con pico. Presa Huites Méx, Sin.

IV.6.4 Tr= 100 años.

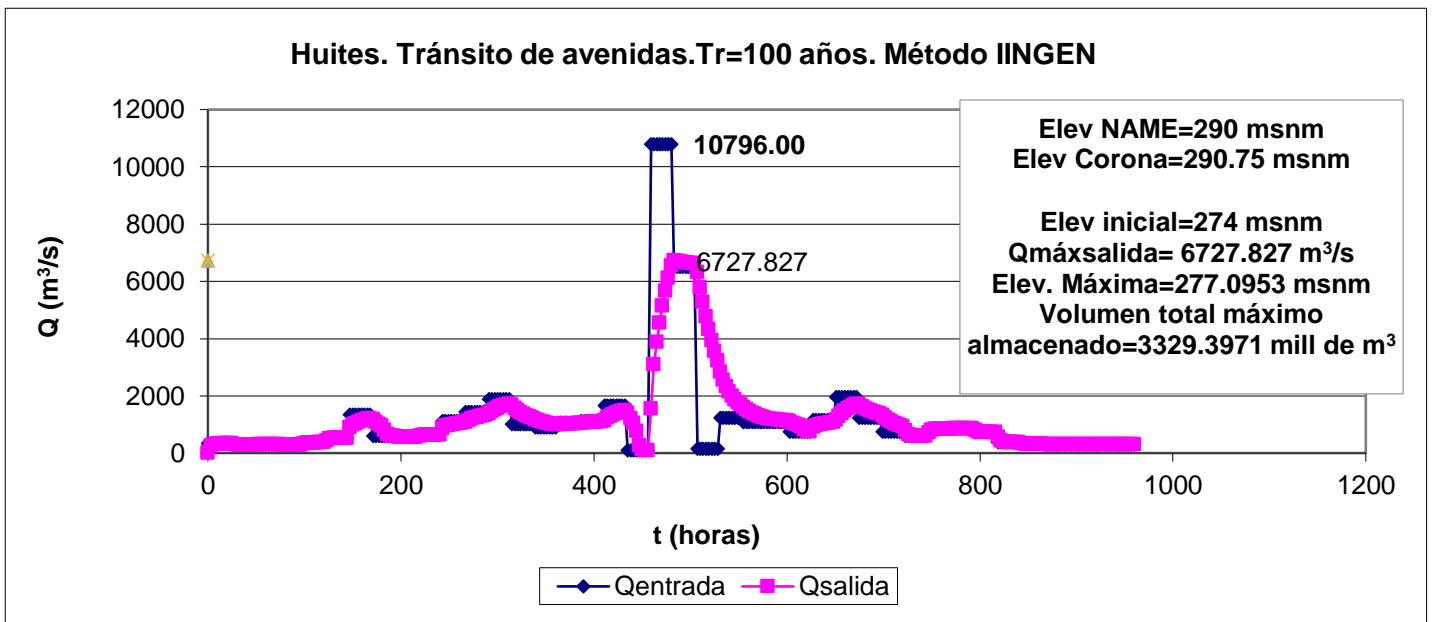


Figura IV.6.4.1 Tránsito de avenidas Tr=100 años. NAMO sugerido (Elev 274 msnm). Presa Huites Méx, Sin.

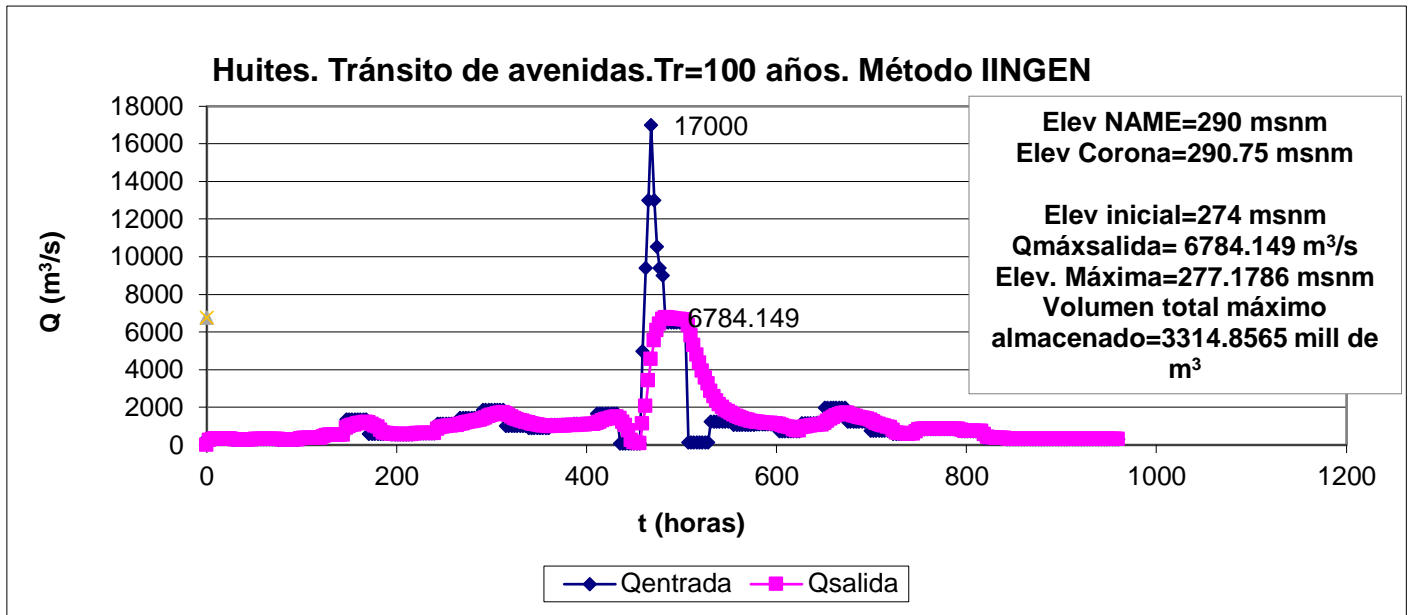


Figura IV.6.4.2 Tránsito de avenidas Tr=100 años. NAMO sugerido (Elev 274 msnm) con pico. Presa Huites Méx, Sin.

IV.6.5 Tr= 50 años.

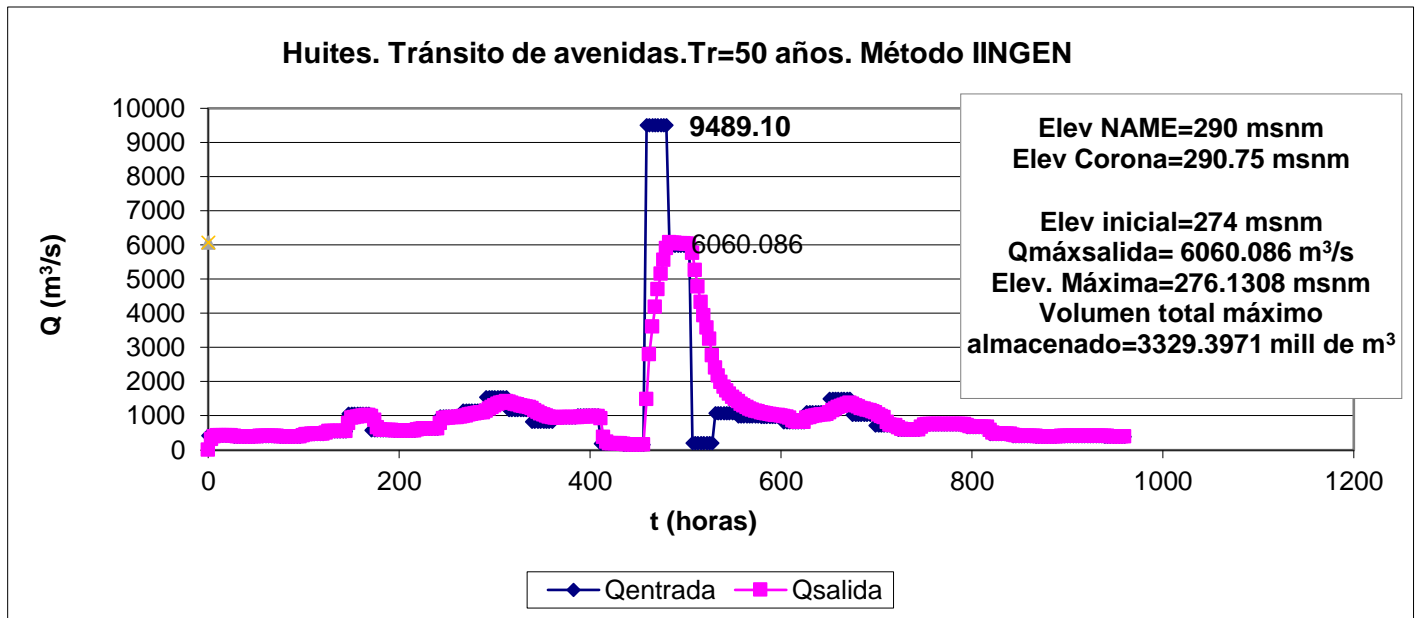


Figura IV.6.5.1 Tránsito de avenidas Tr=50 años. NAMO sugerido (Elev 274 msnm). Presa Huites, Méx, Sin.

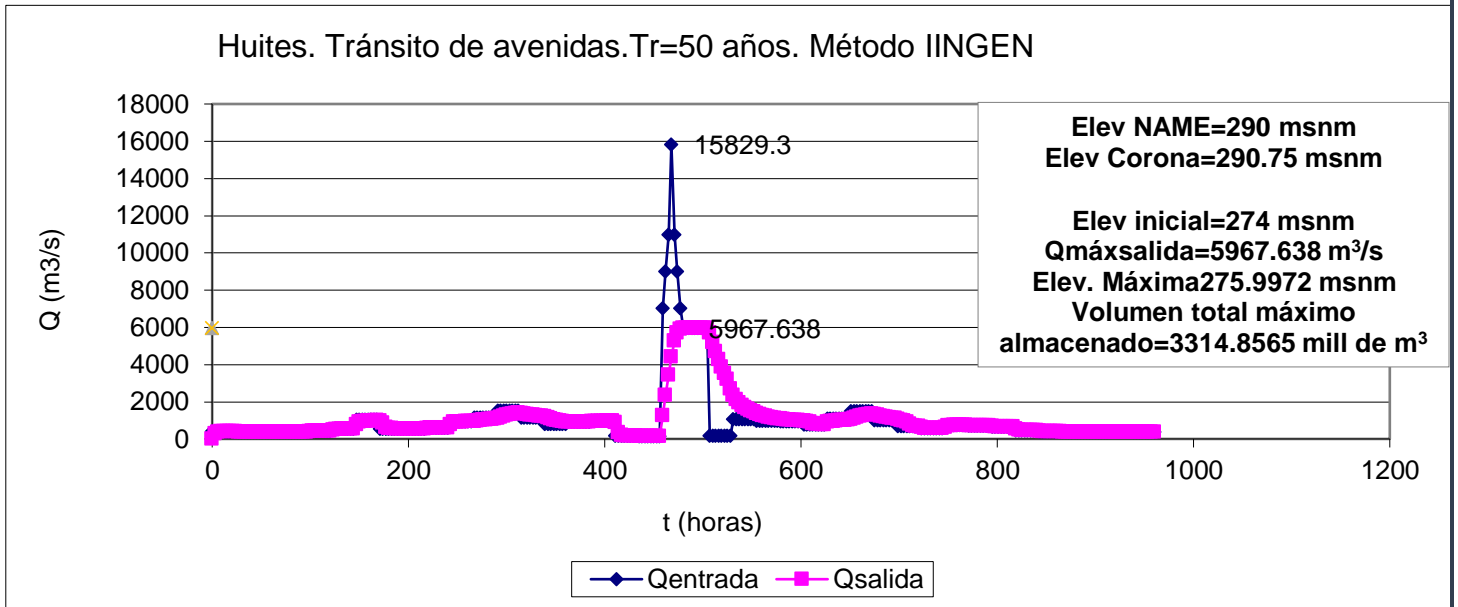


Figura IV.6.5.2 Tránsito de avenidas $Tr=50$ años. NAMO sugerido (Elev 274 msnm) con pico. Presa Huites, Méx, Sin.

IV.6.6 $Tr= 10$ años.

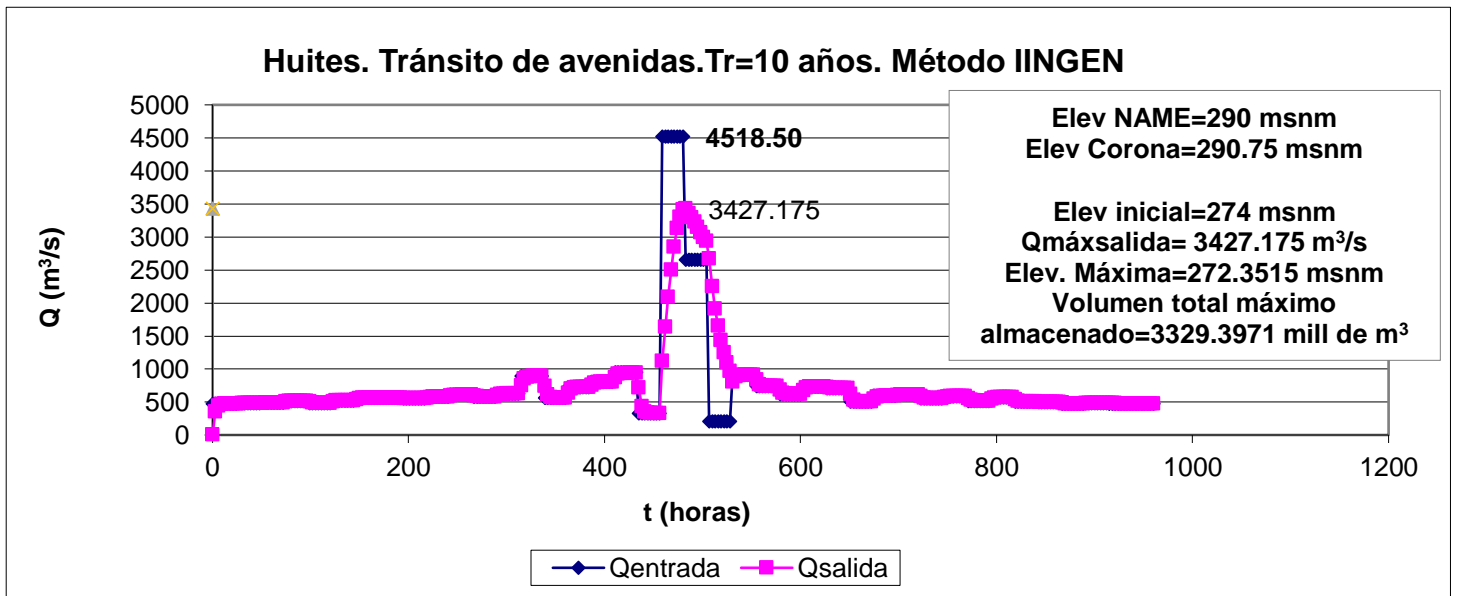


Figura IV.6.6.1 Tránsito de avenidas $Tr=10$ años. NAMO sugerido (Elev 274 msnm) .Presa Huites, Méx, Sin.

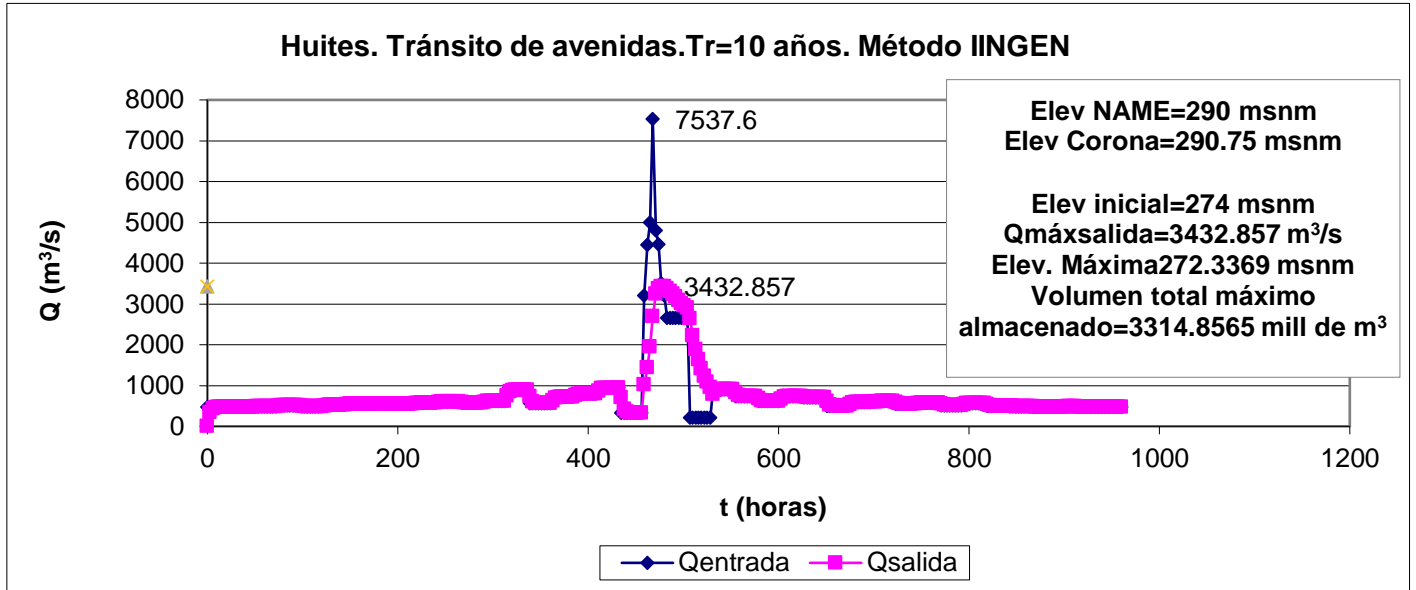


Figura IV.6.6.2 Tránsito de avenidas Tr=10 años. NAMO sugerido (Elev 274 msnm) con pico. Presa Huites, Méx, Sin.

IV.6.7 Tr= 5 años.

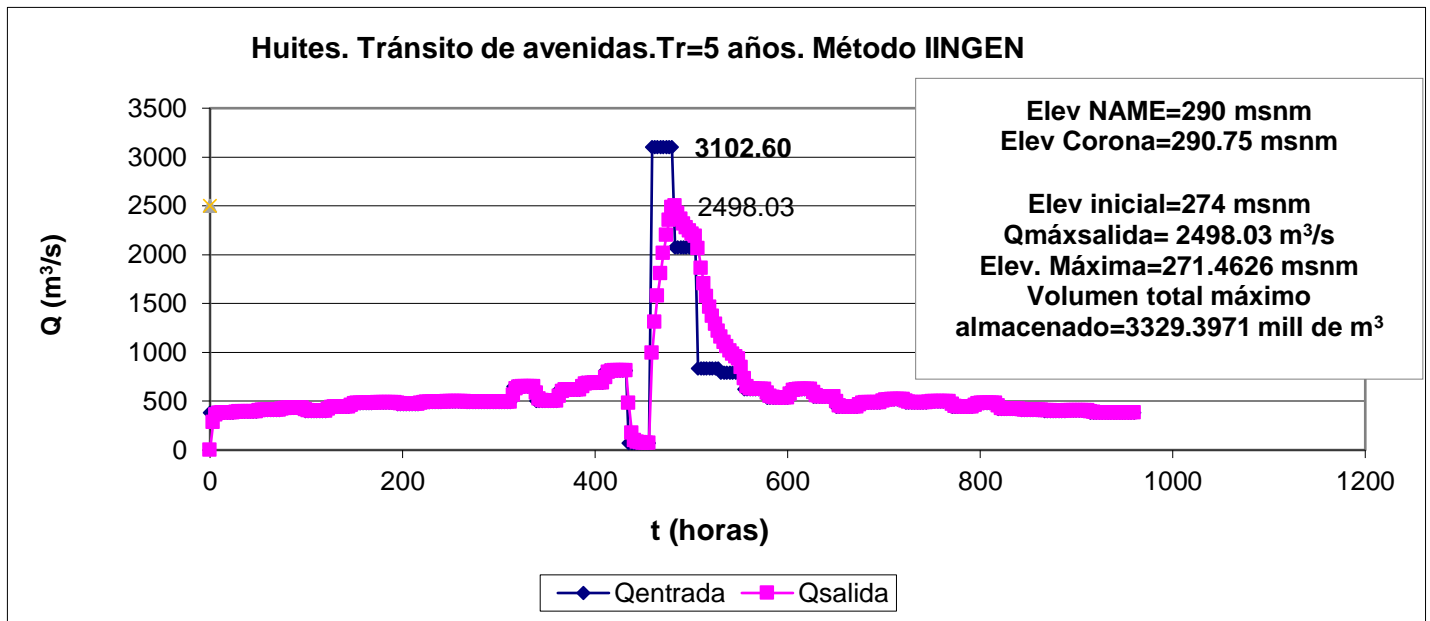


Figura IV.6.7.1 Tránsito de avenidas Tr=5 años. NAMO sugerido (Elev 274 msnm). Presa Huites, Méx, Sin.

Huites. Tránsito de avenidas. Tr=5 años. Método IINGEN

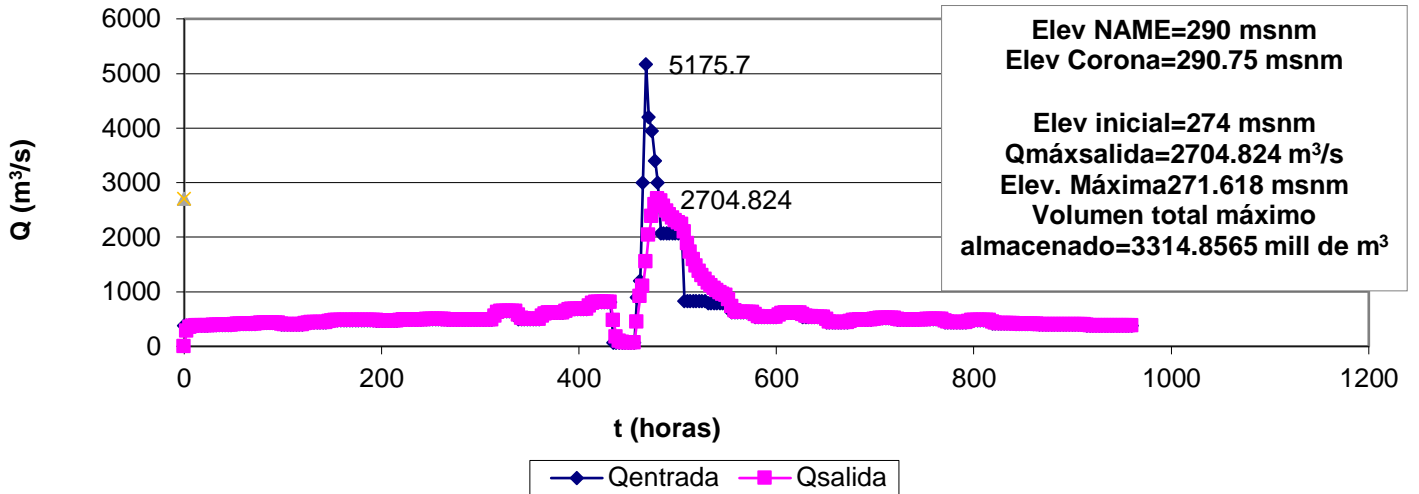


Figura IV.6.7.2 Tránsito de avenidas Tr=5 años. NAMO sugerido (Elev 274 msnm) con pico. Presa Huites, Méx, Sin.

IV.6.8 Tr= 2 años.

Huites. Tránsito de avenidas. Tr=2 años. Método IINGEN

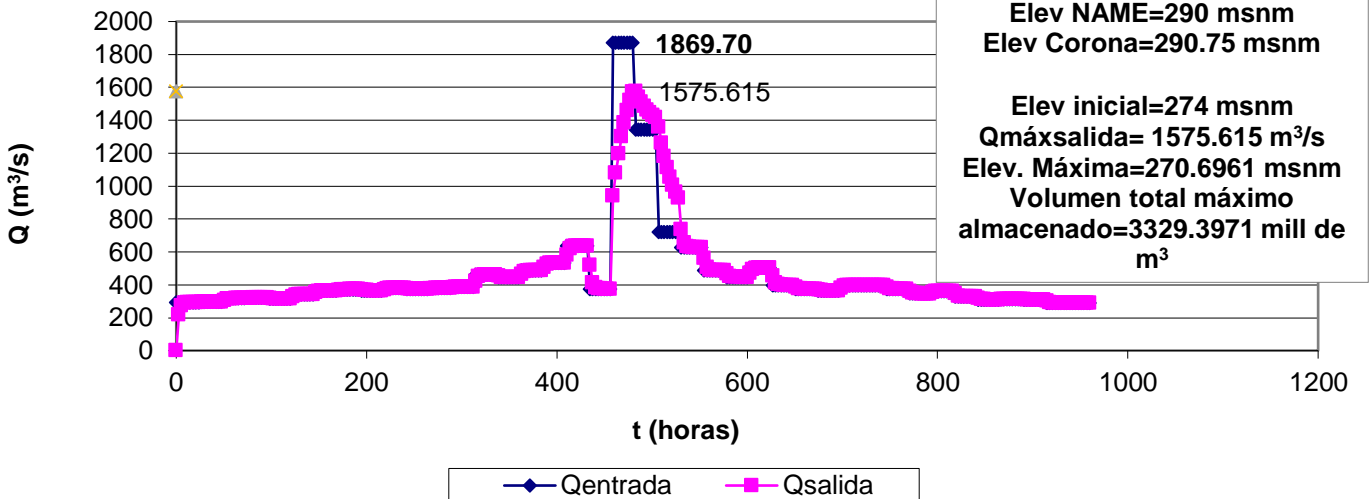


Figura IV.6.8.1 Tránsito de avenidas Tr=2 años. NAMO sugerido (Elev 274 msnm). Presa Huites, Méx, Sin.

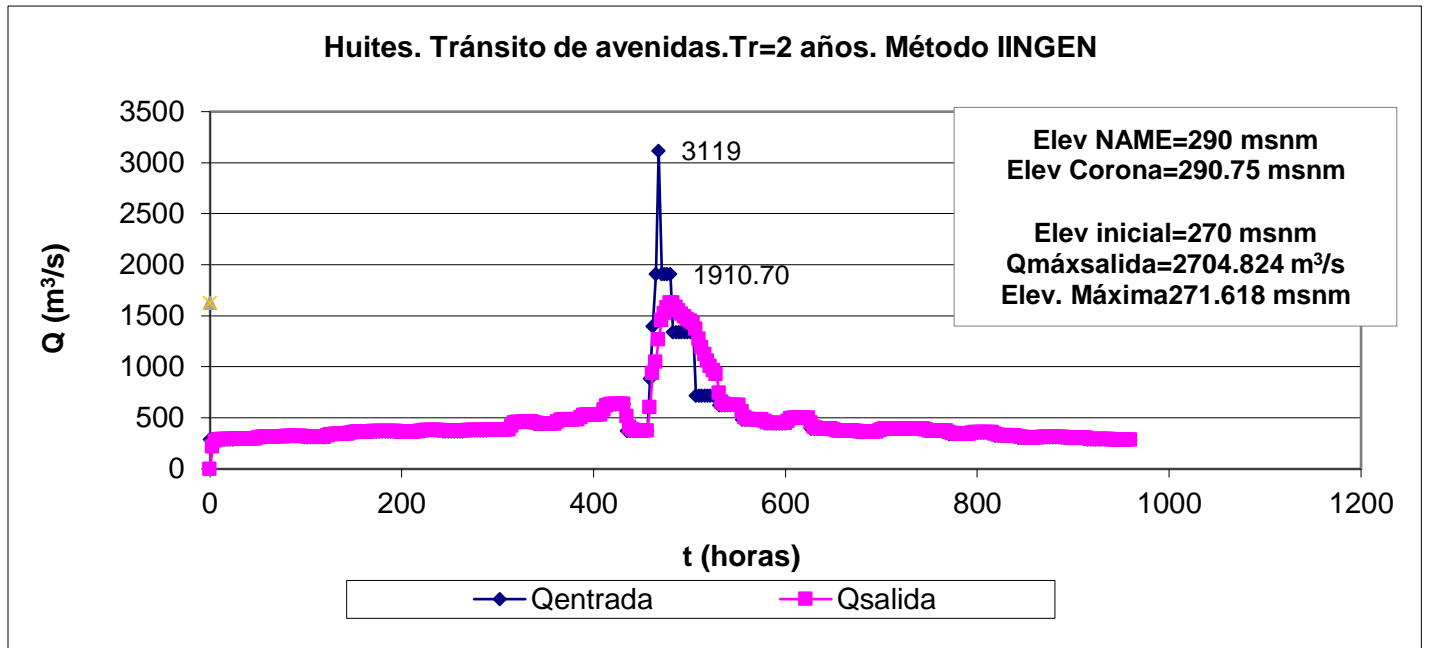


Figura IV.6.7.2 Tránsito de avenidas Tr=2 años. . NAMO sugerido (Elev 274 msnm) con pico. Presa Huites, Méx, Sin.

Conclusiones.

Se actualizaron las avenidas de diseño de la obra de excedencias de la presa Huites, usando el método del Instituto de Ingeniería, usando el registro histórico sin hacer distinción entre eventos de invierno y de verano.

Como se pudo observar en ninguno de los tránsitos de avenidas realizados periodos anteriores se rebasó el NAME, ni en el caso que se propuso un nuevo NAMO con una elevación de 274 m y una política conservadora en las descargas respecto a la política que actualmente maneja la CFE.

Por lo que se sugirió hacer una nueva propuesta de política de descarga (Tabla V.1) tomando en cuenta un estudio realizado en el Instituto de Ingeniería en el que se determinó que la temporada más desfavorable es en los meses de verano que fue de Abril a Septiembre y el nuevo NAMO propuesto a la elevación 274 m de dicha tesis para garantizar que la presa sea estable y no tenga alguna falla más adelante.

Elevación	Capacidades	Descargas	Elevación	Capacidades	Descargas	Elevación	Capacidades	Descargas
msnm	hm3	m3/s	msnm	hm3	m3/s	msnm	hm3	m3/s
270	2409.15	0	276.9	2929.27	6592.64	283.8	3503.47	16276.89
270.1	2416.52	925	277	2937.25	6661.87	283.9	3512.07	16376.36
270.2	2423.89	1033.22	277.1	2945.23	6731.1	284	3520.67	16475.84
270.3	2431.26	1144.33	277.2	2953.2	6800.33	284.1	3529.28	16575.32
270.4	2438.63	1255.44	277.3	2961.18	6869.56	284.2	3537.88	16674.79
270.5	2446	1366.55	277.4	2969.16	6938.79	284.3	3546.48	16774.27
270.6	2453.38	1477.66	277.5	2977.14	7008.02	284.4	3555.08	16873.74
270.7	2460.75	1588.77	277.6	2985.11	7077.26	284.5	3563.69	16973.22
270.8	2468.12	1699.88	277.7	2993.09	7146.49	284.6	3572.29	17072.7
270.9	2475.49	1810.99	277.8	3001.07	7215.72	284.7	3580.89	17172.17
271	2482.86	1925	277.9	3009.04	7284.95	284.8	3589.49	17271.65
271.1	2490.23	2052.5	278	3017.02	7354.18	284.9	3598.1	17371.12
271.2	2497.6	2180	278.1	3025	7423.41	285	3606.7	17470.6
271.3	2504.97	2307.5	278.2	3032.98	7492.64	285.1	3615.95	17570.08
271.4	2512.34	2435	278.3	3040.95	7561.87	285.2	3625.2	17669.55
271.5	2519.72	2562.5	278.4	3048.93	7631.1	285.3	3634.44	17769.03
271.6	2527.09	2690	278.5	3056.91	7700	285.4	3643.69	17868.5
271.7	2534.46	2817.5	278.6	3064.89	8130	285.5	3652.94	17967.98
271.8	2541.83	2945	278.7	3072.86	8560	285.6	3662.19	18067.46
271.9	2549.2	3072.5	278.8	3080.84	8990	285.7	3671.43	18166.93
272	2556.57	3200	278.9	3088.82	9420	285.8	3680.68	18266.41
272.1	2563.94	3269.55	279	3096.8	9850	285.9	3689.93	18365.88
272.2	2571.31	3338.78	279.1	3104.77	10280	286	3699.18	18465.36
272.3	2578.68	3408.01	279.2	3112.75	10710	286.1	3708.43	18564.84
272.4	2586.05	3477.24	279.3	3120.73	11140	286.2	3717.67	18664.31
272.5	2593.43	3546.48	279.4	3128.71	11570	286.3	3726.92	18763.79
272.6	2600.8	3615.71	279.5	3136.68	12000	286.4	3736.17	18863.26
272.7	2608.17	3684.94	279.6	3144.66	12098.9	286.5	3745.42	18962.74
272.8	2615.54	3754.17	279.7	3152.64	12198.37	286.6	3754.66	19062.22
272.9	2622.91	3823.4	279.8	3160.62	12297.85	286.7	3763.91	19161.69
273	2630.28	3892.63	279.9	3168.59	12397.32	286.8	3773.16	19261.17
273.1	2637.65	3961.86	280	3176.57	12496.8	286.9	3782.41	19360.64
273.2	2645.02	4031.09	280.1	3184.55	12596.28	287	3791.66	19460.12
273.3	2652.39	4100.32	280.2	3192.53	12695.75	287.1	3800.9	19559.6
273.4	2659.76	4169.55	280.3	3200.51	12795.23	287.2	3810.15	19659.07
273.5	2667.14	4238.79	280.4	3208.49	12894.7	287.3	3819.4	19758.55
273.6	2674.51	4308.02	280.5	3216.47	12994.18	287.4	3828.65	19858.02
273.7	2681.88	4377.25	280.6	3224.45	13093.66	287.5	3837.9	19957.5
273.8	2689.25	4446.48	280.7	3232.43	13193.13	287.6	3847.14	20056.98
273.9	2696.62	4515.71	280.8	3240.41	13292.61	287.7	3856.39	20156.45
274	2703.99	4584.94	280.9	3248.39	13392.08	287.8	3865.64	20255.93
274.1	2711.36	4654.17	281	3256.37	13491.56	287.9	3874.89	20355.4
274.2	2718.73	4723.4	281.1	3264.35	13591.04	288	3884.13	20454.88
274.3	2726.1	4792.63	281.2	3272.33	13690.51	288.1	3893.38	20554.36
274.4	2733.47	4861.86	281.3	3280.31	13789.99	288.2	3902.63	20653.83
274.5	2740.84	4931.1	281.4	3288.29	13889.46	288.3	3911.88	20753.31
274.6	2748.22	5000.33	281.5	3296.27	13988.94	288.4	3921.13	20852.78
274.7	2755.59	5069.56	281.6	3304.25	14088.42	288.5	3930.37	20952.26
274.8	2762.96	5138.79	281.7	3312.23	14187.89	288.6	3939.62	21051.74
274.9	2770.33	5208.02	281.8	3320.21	14287.37	288.7	3948.87	21151.21
275	2777.7	5277.25	281.9	3328.19	14386.84	288.8	3958.12	21250.69
275.1	2785.08	5346.48	282	3336.17	14486.32	288.9	3967.36	21350.16
275.2	2792.45	5415.71	282.1	3344.15	14585.8	289	3976.61	21449.64
275.3	2800.82	5484.94	282.2	3352.13	14685.27	289.1	3985.86	21549.12
275.4	2809.19	5554.17	282.3	3360.11	14784.75	289.2	3995.11	21648.59
275.5	2817.56	5623.4	282.4	3368.09	14884.22	289.3	4004.36	21748.07
275.6	2825.93	5692.64	282.5	3376.07	14983.7	289.4	4013.6	21847.54
275.7	2834.3	5761.87	282.6	3384.05	15083.18	289.5	4022.85	21947.02
275.8	2842.67	5831.1	282.7	3392.03	15182.65	289.6	4032.1	22046.5
275.9	2851.04	5900.33	282.8	3400.01	15282.13	289.7	4041.35	22145.97
276	2859.41	5969.56	282.9	3407.99	15381.6	289.8	4050.59	22245.45
276.1	2867.78	6038.79	283	3415.97	15481.08	289.9	4059.84	22344.92
276.2	2876.15	6108.02	283.1	3423.95	15580.56	290	4069.09	22444.4
276.3	2884.52	6177.25	283.2	3431.93	15680.03	290.1	4079.02	22444
276.4	2892.89	6246.48	283.3	3439.91	15779.51			
276.5	2901.26	6315.71	283.4	3447.89	15878.98			
276.6	2909.63	6384.95	283.5	3455.87	15978.46			
276.7	2918.01	6454.18	283.6	3463.85	16077.94			
276.8	2926.38	6523.41	283.7	3471.83	16177.41			

Tabla V.1 Curva elevaciones-capacidades-descargas original (de CFE, 2007). Presa Huites, Méx, Sin.

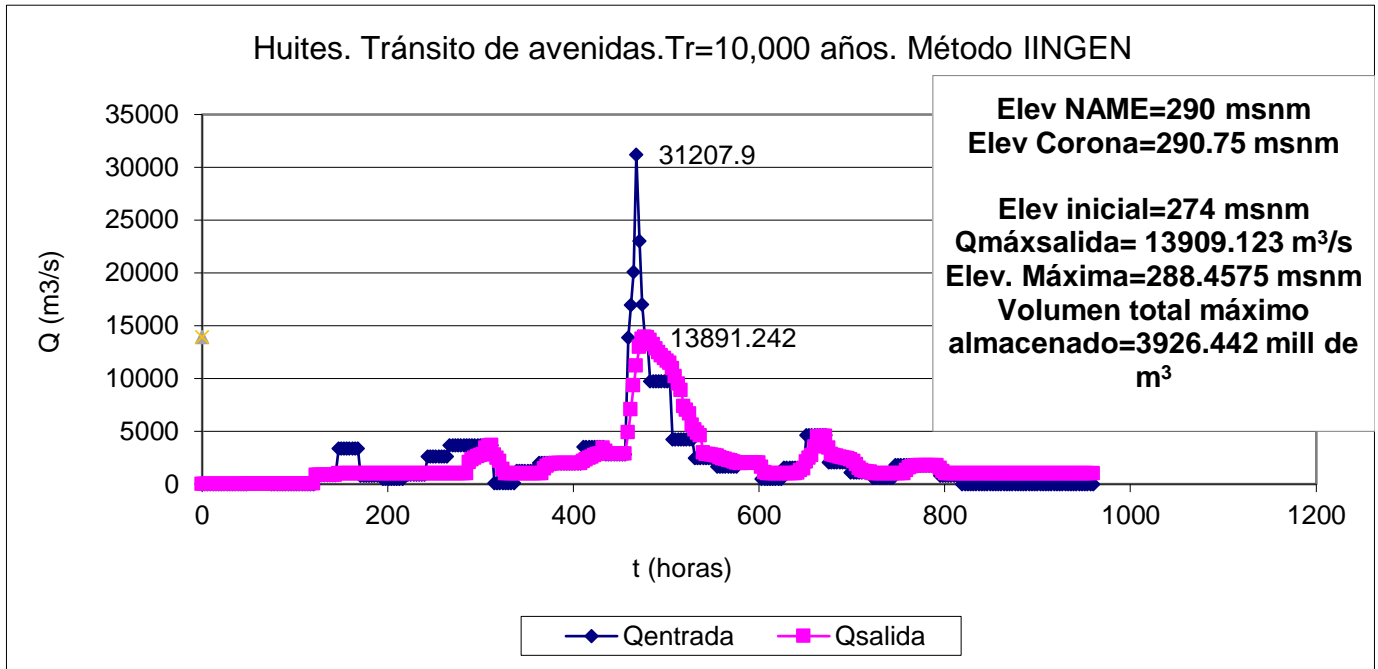


Figura V.2 Verano Tr=10,000 años (restricción tipo 2) con elevación 274. Presa Huites, Méx, Sin.

En conclusión la presa si podrá contener la avenida con un periodo de retorno de 10,000 años sin hacer distinción en las épocas de verano e invierno si se sobreeleva el NAMO a los 274 msnm y con la política de descarga conservadora de la Tabla IV.5.1 o bien con la política correspondiente a la época de verano (Tabla V.1). El nivel máximo del embalse quedaría aproximadamente 1.54 m por debajo del NAME en el caso más desfavorable en la época de verano con restricción tipo 2 (El gasto de salida debe ser el más pequeño entre la capacidad de descarga, gasto máximo de entrada hasta el instante en estudios y el gasto de descarga).

Referencias.

- Gómez Gordillo Fernanda. “Actualización de las Avenidas de Diseño para la operación de los vertedores de la presa El Infiernillo”. Tesis para optar por el grado de Maestro en Ingeniería, México D.F octubre 2015. Pp.69.
- Carabela Hernández Julio Cesar. “Influencias de los eventos de Huracán en la actualización de avenidas de Diseño y operación de vertedores de dos presas de México”. Tesis para obtener el título de Ingeniería Civil, México D.F septiembre 2011, P.p 130.
- Alvarado C.A.J. “Cálculo de Avenidas de Diseño para vertedores de presas de almacenamiento” Tesis de Maestría, DEPFLUNAM, 1993.
- Rivas Carpio J.J “Simulación continua del comportamiento de dos vasos que trabajan en paralelo, caso del sistema de presas Temascal-Cerro de Oro”. Tesis de Maestría, 2016.
- Valencia Quintana José Alejandro “Control de Inyección en pantallas de impermeabilización mediante análisis y desarrollo del método GIM (Número de Intensidad de Inyección”. Tesis para obtener el grado de Maestro en Geotecnia, México, D.F. 2009.
- Gues User: Probabilidad y funciones de probabilidad, Facultad de Ciencias Biomédicas, Enero 2019.
- Aparicio, F.J. (1997) Fundamentos de hidrología de Superficie Limusa, pp. 33.
- Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Vol. XXXV, N. 1, Ene-Abr-2014, ISSN 1815-591X, RNPS 2066.
- 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.
- Domínguez M.R, Fuentes M.O., Franco, V. “Avenida de diseño, Capítulo A.1.10 del Manual de Diseño de Obras Civiles”. CFE. México, 1981.
- Domínguez M. R., Arganis J. M. L. Carrizosa E. E., De Luna, C. F, Esquivel G.G., Mendoza R. A. (2007). Determinación de Políticas de Operación del Río Fuerte. Para CFE. Informe Final.
- Sistema de seguridad de presas, CONAGUA, SEMARNAT.

- https://presas.conagua.gob.mx/inventario/archivos_presa.aspx?3216.
- <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/551/A4.pdf?sequence=4>.