

CAPÍTULO 7. CÁLCULO DE CAUDALES DE AVENIDA

7.1 CRECIDA O CAUDAL EXTRAORDINARIO

Se denomina crecida o caudal extraordinario al caudal excesivamente alto en un río. Los fenómenos de las avenidas, al igual que las precipitaciones, son aleatorios con ciclos básicamente anuales.

Otra definición de avenida o crecida, según la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de inundación, es la siguiente: un aumento inusual del caudal de agua de un cauce que puede o no, producir desbordamientos o inundaciones.

Las crecidas son debidas a factores como:

a) La precipitación. La existencia de frentes activos, las lluvias orográficas, así como las tormentas pueden producir precipitaciones excepcionales, que son la base de las crecidas. Las precipitaciones afectan de forma distinta según el tamaño de las cuencas. En cuencas grandes, para nuestra latitud son los frentes los que producen una generalización de la precipitación, mientras que en cuencas medianas o pequeñas son las lluvias convectivas u orográficas las que producen las mayores y más peligrosas avenidas, como por ejemplo la gota fría que afecta a Mediterráneo español.

b) La fusión de la nieve. Este fenómeno debido a un aumento de la T^a , que puede acompañar a las lluvias intensas, puede ser un factor de incremento del caudal de una avenida.

c) El estado de humedad del suelo. Como se sabe existe una primera retención que es muy baja con suelo inicialmente saturado. Es un factor importante en cuencas grandes.

d) Geomorfología de la cuenca. Las características geomorfológicas de una cuenca como la pendiente o la vegetación son un factor básico en la generación de una avenida.

e) La actividad humana. Puede variar las características de la avenida en una cuenca, como por ejemplo la existencia de zonas urbanizadas facilita la escorrentía, la existencia de embalses retrasa y lamina la avenida.

7.2 FÓRMULAS EMPÍRICAS

Estas fórmulas son válidas para dar un primer valor de referencia u orden de magnitud. Están basadas en la experimentación y el caudal de avenida Q (m^3/s) se da en función de la superficie S (Km^2).

Gómez Quijado: $Q = 17 \cdot S^{2/3}$, para superficies menores de 2000 Km^2 .

Fuller: $Q(T) = Q1 \cdot (1 + 0,8 \cdot \log T)$, donde $Q(T)$ es el caudal para un período de retorno T y $Q1$ es la media de los caudales diarios de cada año.

Zapata: $Q = 21 \cdot S^{0,6}$.

7.3 MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Están basados en grandes series de datos anuales de caudales, que permiten hallar caudales máximos siguiendo la siguiente metodología:

a) Recopilación de datos.

- b) Análisis de datos.
- c) Extrapolación estadística.
- d) Contraste de resultados.

Para que los estudios tengan una consistencia suficiente, es necesario una longitud mínima de la muestra que se define como la longitud de muestra recomendable para un análisis de caudales, por métodos estadísticos de 40–50 años.

Para series de 30–40 años de longitud de serie, el análisis de frecuencia de caudales debe ser apoyado por otros métodos tales como comparación con cuencas similares o por medio de métodos que estudien el caudal a partir de precipitaciones.

En series cortas de 10–20 años, se utilizan métodos basados en el estudio de la precipitación (hidrograma unitario, modelos...).

7.4 MÉTODO RACIONAL

Es utilizado para la determinación de caudales de avenida en cuencas pequeñas de una superficie de 2,5 a 3 Km². o bien que su tiempo de concentración sea del orden de 1 hora:

$$Q = (C \cdot I \cdot A) / 3,6$$

Donde C es el coeficiente de escorrentía, I es la intensidad de la tormenta y A es el área de la cuenca.

Este método se basa en que el tiempo de aguacero, mayor o igual que el tiempo de concentración, determina el caudal máximo.

La intensidad de la tormenta se deberá calcular para una duración igual al tiempo de concentración y para el período de retorno T que se desea calcular el caudal, según la ecuación $I = a \cdot T^n / (t + b)^m$, donde t es el tiempo de la tormenta y a , b , n y m son parámetros que dependen de las condiciones meteorológicas de la zona.

El coeficiente de escorrentía C , depende de la precipitación diaria y del umbral del caudal. Los coeficientes de escorrentía más comunes son:

1. Pavimento de hormigón ! 0,70 – 0,95;
2. Tratamiento superficial ! 0,60 – 0,80;
3. Zonas boscosas ! 0,10 – 0,20;
4. Zonas de vegetación densa de monte bajo ! 0,05 – 0,5;
5. Zonas sin vegetación ! 0,20 – 0,80;
6. Zonas cultivadas ! 0,20 – 0,40;

El valor de este coeficiente está en función de la intensidad de la lluvia y por ello es necesario corregirlo en función de dicho parámetro, o bien indirectamente a través del periodo de retorno T .

7.5 MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO

El método del hidrograma unitario desarrollado inicialmente por Sherman en 1932, es aplicable a cuencas de tamaño mediano con una superficie de 300 a 400 Km², cuya respuesta ante una tormenta suponga un hidrograma complejo.

El método del hidrograma unitario se basa en la posibilidad de aplicación del principio de linealización al proceso de escurrimiento; según fue explicado por Sherman, se puede enunciar en 3 principios:

1. Para tormentas cortas e intensas, el tiempo de punta del hidrograma producido es constante e independiente de la duración de la tormenta.

2. Para tormentas de la misma duración e inferior al tiempo T_0 del hidrograma, el volumen de escurrimiento producido es proporcional a la intensidad de dichas tormentas:

$$V_2 / V_1 = I_2 / I_1, \text{ de la misma forma que } Q_2 / Q_1 = I_2 / I_1.$$

3. Principio de Superposición. El hidrograma producido por una tormenta de duración superior al tiempo T_0 , se puede obtener dividiendo la tormenta en partes de tiempo igual o inferior a T_0 y superponiendo los hidrogramas obtenidos.

Por otra parte, el método de hidrograma unitario no considera las pérdidas en la lluvia por infiltración, evaporación, etc., por lo que a la hora de su calibración es necesario valorar estas pérdidas y descontarlas en el pluviograma inicial.

7.6 MÉTODO DE HIDROGRAMAS SINTÉTICOS O ARTIFICIALES

Consiste en determinar las características fundamentales de un hidrograma cuando no se tienen datos reales, por medio de fórmulas empíricas. Destaca el **hidrograma triangular**, que es un modelo que sustituye la campana de Gauss por un triángulo, cuya altura coincide con el caudal de punta Q_p que se calcula mediante:

$$Q_p = 2 \cdot I \cdot t_0 \cdot S / 2,67 \cdot (t_p + t_0/2)$$

Donde I es la intensidad del temporal unitario, t_0 es la duración del temporal unitario, t_c es el tiempo de concentración, t_p es el tiempo de punta. Los valores de estos dos últimos parámetros se obtienen mediante las ecuaciones:

$$t_p = 0,6 \cdot t_c + (t_0 / 2) \quad t_c = 1,4 \cdot [(L \cdot LC)^{1,5} / H]^{0,385}$$

Donde L (Km.) es la longitud del cauce principal, LC (Km.) es la longitud desde el c. de g. y H es el desnivel en metros.

Lluvia de proyecto. Es aquella lluvia que se considera para un tiempo de retorno T o bien aquella lluvia que tiene una probabilidad de $1/T$, con la cual se desea realizar un estudio hidrológico.