

## Guía del TRABAJO PRACTICO N° 6

# ***DETERMINACION DEL HIDROGRAMA UNITARIO DE UNA CUENCA***

Calcular, graficar y verificar el hidrograma unitario de la cuenca cuyos datos hidrometeorológicos se adjuntan, desarrollando en detalle el procedimiento de cálculo de acuerdo a los pasos siguientes:

### **1º) ADOPCIÓN DEL TIEMPO UNITARIO (tu)**

Se ha de calcular como una función de la superficie de la cuenca, adoptando el criterio propuesto por el Ing. Sherman - creador del método - en base a las siguientes relaciones:

para áreas mayores a los 2600 Km <sup>2</sup> ,	tu = 12 a 24 horas
para áreas entre 2600 y 260 Km <sup>2</sup> ,	tu = 6 a 12 horas
para áreas entre 260 y 50 Km <sup>2</sup> ,	tu = 2 a 6 horas

Siempre se trata de elegir, en procura de una mayor precisión, el límite de tiempo inferior de cada intervalo.

### **2º) DETERMINACIÓN DEL VOLÚMEN TOTAL PRECIPITADO (VTP)**

En la planilla de datos básicos se presentan los datos de lluvia correspondientes a la tormenta dato seleccionada para el estudio, la cual dio origen al hidrograma dato que se identifica como Hidrograma Observado (HO), del cual se habrá de deducir el Hidrograma Unitario de la cuenca. Los valores que se presentan responden a la precipitación promedio caída sobre la cuenca, lo que significa que a los datos puntuales de la lluvia se les ha aplicado el Método de los polígonos de Thiessen y por lo tanto se posee un sólo dato por cada intervalo de lluvia.

El Volumen Total Precipitado debe expresarse en hm<sup>3</sup>.

$$V.T.P. [hm^3] = \sum_{i=1}^n P_i \times \text{área}$$

### **3º) VOLÚMEN TOTAL DEL HIDROGRAMA DE ESCURRIMIENTO DIRECTO**

Los datos de caudal obtenidos para la crecida producida por la tormenta dato se adjuntan en la planilla de datos básicos.

Debe realizarse en la representación gráfica del hidrograma de escurrimiento total la separación de los flujos Directo y Base, debido a que el Hidrograma Unitario representa solamente al escurrimiento directo producido por una tormenta. El método a aplicar para la separación de los flujos se basa en identificar en el hidrograma los datos siguientes:

Punto A: inicio del escurrimiento directo o curva de ascenso del hidrograma;

Punto B: intersección entre la extrapolación gráfica del hidrograma en el tramo previo al punto a como prolongación de la curva de recesión del escurrimiento base, y la vertical que coincide con el tiempo en el cual se produce el caudal de pico (Q max).

Punto C: finalización de la curva de vaciado del escurrimiento directo.

N: número de días que transcurren entre los puntos B y C el cual se obtiene mediante la fórmula  $N = (A/K)^n$ , donde A es el área de la cuenca, en  $\text{km}^2$ ;  $[K][n]$  = coeficientes de ajuste

Uniéndolo con una línea continua los puntos A, B y C queda identificado la separación entre los flujos Directo (por encima de la línea) y Base (por debajo de la línea), debiendo representarse ahora en una nueva gráfica solamente los caudales que se registren por encima de la línea de separación.

El volumen de escurrimiento directo se calcula planimetrando este último hidrograma (escurrimiento directo) y expresándolo en  $\text{hm}^3$ .

#### 4º) CÁLCULO DE LA LLUVIA INICIAL

Se considera como lluvia inicial aquella parte de la precipitación que no produce escurrimiento directo como tampoco se infiltra en el terreno, sino que es retenida en las depresiones impermeables de la cuenca o interceptada por la vegetación. Su valoración debe hacerse teniendo en cuenta dos principios:

a) en que intervalo de la precipitación comienza a producirse el escurrimiento superficial (Punto A del hidrograma);

b) cuál es el valor total precipitado antes del comienzo del escurrimiento directo.

La lluvia inicial se debe llevar a volumen y expresarla en  $\text{hm}^3$ .

$$V_{LLi} [\text{hm}^3] = \sum_{i=n}^n P_{LLi} \times \text{área}$$

#### 5º) TASA DE INFILTRACIÓN MEDIA

Para este parámetro, considerado uniforme para toda la cuenca, se trabaja con un tiempo  $\theta$  calculado como la diferencia entre la duración total de la lluvia y el tiempo de la lluvia inicial, ya que durante este último período no se produce infiltración, considerando además que  $\theta$  se da exclusivamente en el tiempo de lluvia neta o en exceso.

Entonces se aplica la fórmula:

$$\phi (\text{mm} / \text{h}) = \frac{\text{Vol. Infiltrado} (\text{hm}^3) \times 10^5}{A (\text{hectáreas}) \times \theta (\text{horas})}$$

Donde:  $\phi$ : tasa de infiltración media para toda la cuenca  $[\text{mm} / \text{h}]$

$\theta$ : tiempo de lluvia neta o en exceso  $[\text{h}]$

Vol. Inf. ( $\text{hm}^3$ ) = VTP x (Vol. Esc. Directo + Vol. Lluvia Inicial)

#### 6º) ALTURA DE PRECIPITACIÓN NETA

Conocido el volumen de escurrimiento directo y dividiéndolo por el área de la cuenca, se obtiene la altura de lluvia neta (hn) y dividiendo a ésta por el tiempo de lluvia neta ( $\theta$ ) se logra conocer la intensidad media de lluvia neta (im).

## 7º) TRANSFORMACIÓN DEL HIDROGRAMA OBSERVADO EN HIDROGRAMA UNITARIO

Partiendo de la identificación que se hace del hidrograma dato de escurrimiento directo con la simbología HO ( $h_n, \theta$ ) se lo puede transformar en el hidrograma unitario de la cuenca cumpliendo los pasos:

- corregir los valores de ordenadas ( $Q_d$ ) haciéndolos unitarios; (principio de proporcionalidad entre  $P=10\text{mm}$  y  $P= h_n$ )
- ajustar el tiempo  $\theta$  al tiempo unitario ( $t_u$ ) en el caso de que no sean iguales.-

Dividiendo las ordenadas del HO ( $h_n, \theta$ ) por el valor  $h_n/10$  se obtiene el hidrograma unitario HO ( $10\text{mm}, \theta$ ).

Si el tiempo  $\theta$  no es submúltiplo del tiempo unitario ( $t_u$ ) no se puede aplicar el principio de proporcionalidad y para deducir el HU que corresponde a una lluvia efectiva de duración  $t_u$  deberá construirse el HIDROGRAMA en S, el cual representa físicamente a una lluvia de intensidad constante e igual a  $10\text{mm}/\theta$  pero de duración infinita, obteniéndose de sumar las ordenadas de sucesivos HO ( $10\text{mm}, \theta$ ) los cuales aparecen desplazados sobre el eje de los tiempos en un valor  $\theta$ .

Luego deben ser graficados dos hidrogramas en S, separados en un tiempo  $t_u$  uno del otro, lo que implica restar dos hidrogramas de duración infinita, quedando un hidrograma de duración  $t_u$  e intensidad constante  $10\text{mm}/\theta$ . Al restar las ordenadas de los 2 hidrogramas en S se obtiene un hidrograma con la siguiente expresión:

$$\text{HO} \left( \frac{10\text{mm} \cdot t_u}{\theta}, t_u \right)$$

el cual resulta unitario en el tiempo pero no en volumen para lo cual deberá multiplicarse sus ordenadas ( $Q_d$ ) por la relación  $\theta/t_u$  lográndose de ese modo un HU ( $10\text{mm}, t_u$ ) que es el buscado.

## 8º) VERIFICACIÓN DEL HIDROGRAMA UNITARIO

Esta verificación consiste en que, a partir del HU calculado se pueda reconstruir el hidrograma dato (HO) de modo que se compruebe la precisión lograda o se planteen las correcciones que correspondan.

El proceso de verificación se realiza del modo siguiente:

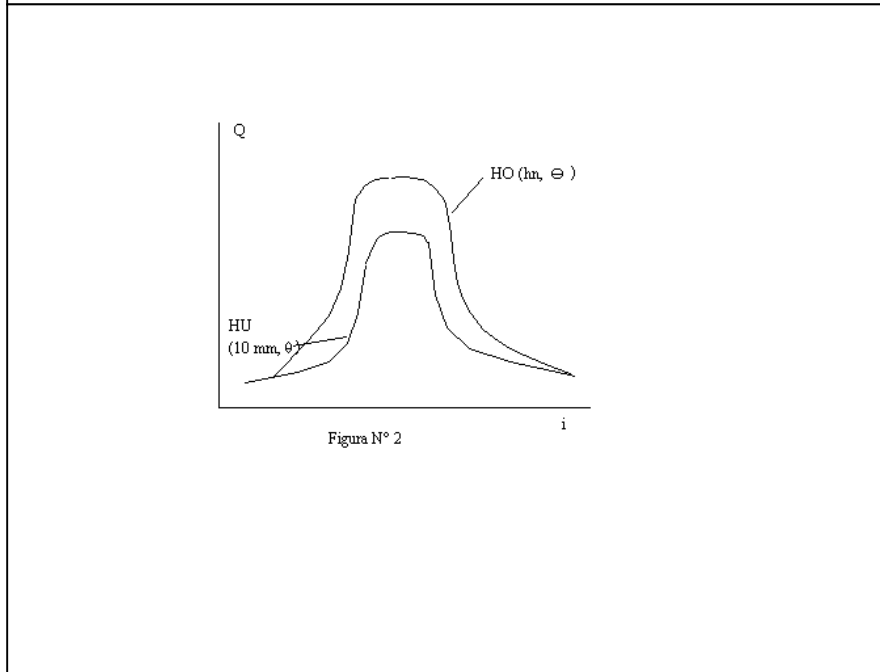
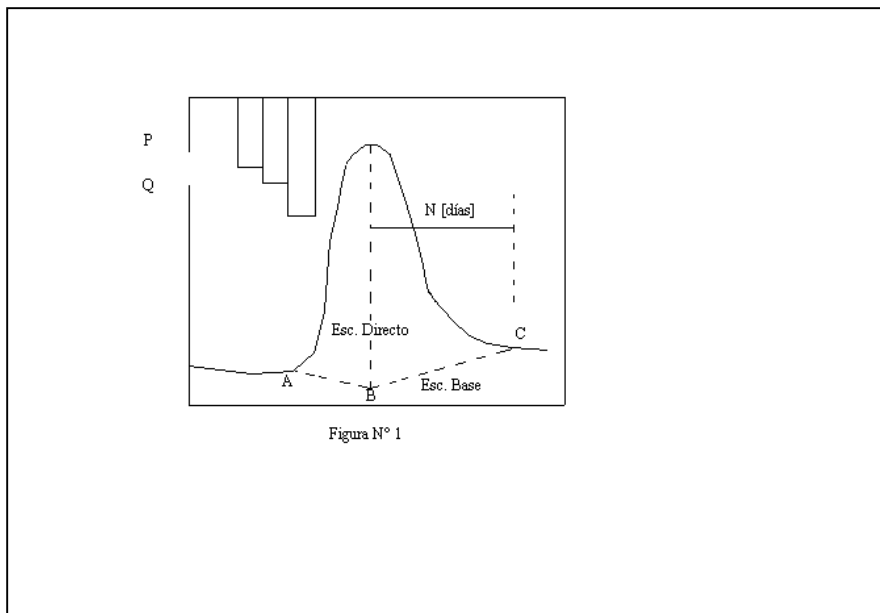
- Se descuenta de la precipitación total el valor de lluvia inicial (en mm);
- Al valor de precipitación que corresponde a los intervalos de lluvia neta se lo multiplica, en cada intervalo, por el área de la cuenca obteniendo volúmenes para intervalos de tiempo iguales al tiempo unitario ( $t_u$ ) del hidrograma;
- Al volumen de lluvia de cada intervalo se le resta el volumen infiltrado en cada intervalo, que resulta de multiplicar la tasa de infiltración (mm/h) por el área de la cuenca (ha) y por la duración del intervalo (h);
- Al volumen restante en cada intervalo se lo divide por el área de la cuenca obteniendo la altura de precipitación neta por intervalo (en mm). Las ordenadas del hidrograma unitario HU ( $10\text{mm}, t_u$ ) son multiplicadas por la hni de cada intervalo y los hidrogramas así obtenidos son graficados y desplazados un tiempo  $t_u$  entre ellos, para finalmente sumar las ordenadas de los hidrogramas que se superponen en iguales tiempos.

El hidrograma resultante de la suma debe tener una buena coincidencia con el Hidrograma Dato u Observado de Escurrimiento Directo y para comprobarlo ambos deben ser graficados en la misma escala.

Para una mejor resolución del práctico se presenta la siguiente tabla:

Datos		Obtención del H.U.							
Tiempo		Qdato	H(hn,θ)	H(10, θ)	H(10, θ) Desp 1 θ	H(10, θ) Desp 2 θ	H(10, θ) Desp 3 θ	.....	H(10, θ) Desp n θ
Día	Hs		Esc direc dato						

				Verificación H.U				
H en S	H en S ajust	H en S Desp tu	H(10.tu,tu) θ	HU (10,tu)	H(h <sub>1</sub> ,tu)	H(h <sub>2</sub> ,tu)	H(h <sub>3</sub> ,tu)	H(hn, θ) Esc.directo calculado



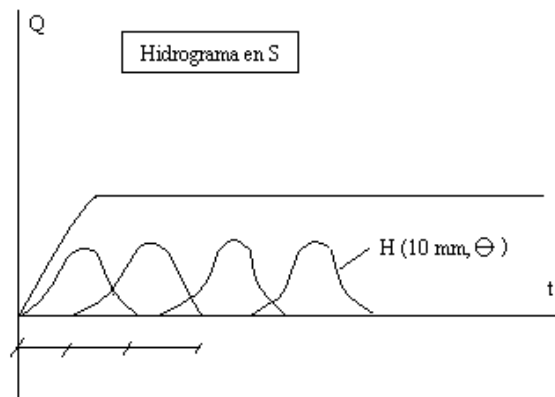


Figura N° 3

