

U 1289
V. 4
C 1

APUNTES DE HIDROLOGIA

MODIFICACIONES Y COMPLEMENTOS AL HIDROGRAMA UNITARIO

Curso Prof. B. Espildora

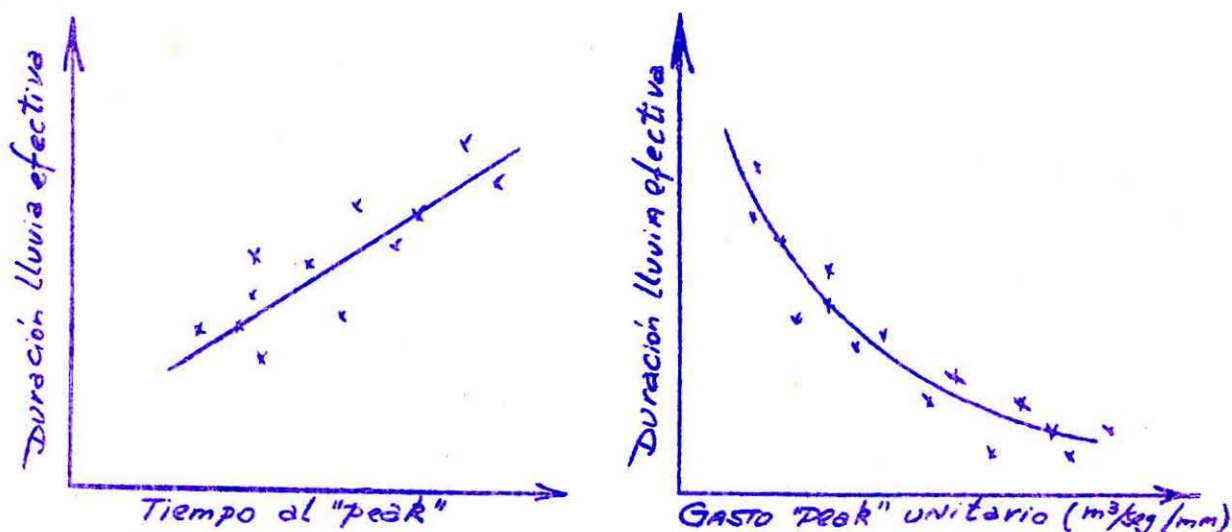
MODIFICACIONES Y COMPLEMENTO, AL HIDROGRAMA UNITARIO.-

Desde que el método de H. V. fué propuesto por Sherman en 1932, se han desarrollado diversas variaciones y modificaciones para tener en cuenta problemas especiales. Estos problemas se refieren a la poca disponibilidad de tormentas para desarrollar un H.V. por métodos convencionales, adecuados a la obtención de H.V. en cuencas sin datos pluviométricos y al uso de H.V. en cuencas muy extensas. A continuación se explican los métodos propuestos para solucionar cada uno de estos problemas.

1.- Método de las curvas de "parámetros unitarios".

En algunas cuencas, no siempre es posible disponer de información pluviométrica suficiente como para tener un número adecuado de lluvias que permitan determinar hidrogramas unitarios por los métodos convencionales. En estos casos se puede recurrir a curvas que relacionen la duración de la lluvia efectiva con el gasto "peak" unitario y la duración de la lluvia efectiva con el tiempo transcurrido entre el comienzo de la lluvia efectiva y el momento en que se produce el "peak" (tiempo al "peak").

Este tipo de curvas se esquematizan en la figura siguiente:



El gasto "peak" unitario corresponde al gasto máximo del hidrograma de escorrentía directa dividido por la cantidad de lluvia efectiva en mms.

Estas curvas se determinan para cada cuenca y deben usarse en conjunto con las curvas de recesión general correspondientes.

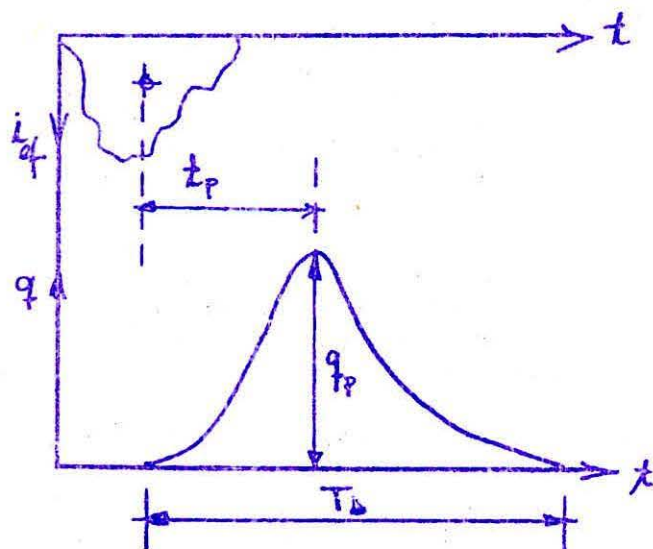
Para obtener entonces, el H.U. para distintas duraciones se determina el tiempo al "peak" y el gasto máximo unitario en base a la duración de la lluvia efectiva que se está considerando. La curva de recesión general de la cuenca permite luego estimar la recesión del H.U. considerando evidentemente la cantidad de lluvia efectiva caída. La rama ascendente del H.U. se estima de manera que pase por el "peak" ya determinado, y que el área del H. . corresponde a un volumen de escorrentía directa de 1 mm (por definición del H.U.)

2.- Método del Hidrograma Unitario Sintético.-

Es común que en relación al diseño de obras hidráulicas se necesite conocer el H.U. de una cuenca en que no se dispone de datos pluviométricos. Este caso es particularmente importante en nuestro país en que gran cantidad de cuencas no cuentan con estaciones limnigráficas para el registro de crecidas. Para solucionar este problema, en otros países se ha dedicado un considerable esfuerzo para desarrollar técnicas que permitan obtener un H.V. aproximado o la transposición de H.U. obtenidos en cuencas controladas.

Un H.V. que se ha obtenido no por los procedimientos regulares ya indicados, sino que ha sido estimado en base a algunas características geomorfológicas de la cuenca, se denomina Hidrograma Unitario Sintético, (H. U. S.). En general, el término síntesis se refiere en Hidrología a aquellos procedimientos que permiten estimar alguna variable o fenómeno hidrológico no por simple medición o elaboración de datos medidos directamente de esa variable o fenómeno, sino que por medio de procedimientos empíricos y matemáticos.

El primer hidrólogo que propuso un método para obtener un H.U.S., fué P.C. Carthy en 1938. En este método se establecían correlaciones entre tres parámetros típicos del H.U. y ciertas características geomorfológicas de una cuenca. Los parámetros usados son gasto "peak", tiempo de desfase (o tiempo al "peak") y tiempo base. Los parámetros geomorfológicos comúnmente usados son: Área de la cuenca, pendiente de la curva hipsométrica o pendiente media de la cuenca, número de cauces principales, longitud del cauce principal, etc.. Si se disponen de este tipo de correlaciones para cuencas de distintas características hidrológicas, geológicas y meteorológicas, se puede esquematizar aproximadamente el H.U. de otras cuencas no controladas y de características similares. Esta esquematización, se efectúa análogamente como se indicó en el punto anterior y de acuerdo a la siguiente figura:



F. F. Snyder en 1938, también propuso otro método para obtener un H.U.S. en base a relaciones entre parámetros del H.U. y ciertas características morfométricas de la cuenca. Este método lo desarrolló en base a un estudio de varias cuencas en las montañas Apalaches en Estados Unidos y por lo tanto, las constantes de las fórmulas empíricas que se incluyen más adelante, sólo tienen validez para la zona en que se obtuvieron.

Snyder define el tiempo de desfase, t_p , como el tiempo entre el centro de masas del hidrograma y el gasto "peak" y propone estimarlo de acuerdo a la siguiente relación:

$$t_p = C_t (L \cdot \bar{L})^{0.3} \quad (\text{horas})$$

en que C_t es una constante que depende de la región (varía entre 1.8 y 2.2 en el estudio de Snyder), L es la longitud de la cuenca en millas a lo largo del cauce principal y $\bar{L}$ es la distancia en millas entre la sección de salida de la cuenca y su centro de gravedad.

El gasto "peak", q en pies cúbicos por segundo y para una determinada duración de lluvia efectiva viene dado por la expresión:

$$q_p = \frac{640 C_p A}{t_p} \quad (p^3/\text{seg})$$

en que C_p es una constante que depende de la región, (varía entre 0.56 y 0.69 en el estudio de Snyder), A es el área de la cuenca en millas cuadradas y t_p el tiempo de desfase en horas, según se definió más arriba. Para desarrollar estas fórmulas, Snyder consideró una duración fija de lluvia efectiva igual a

$$t_r = \frac{t_p}{5.5} \quad (\text{horas})$$

En caso que se consideren duraciones de lluvia efectiva mayores que t_r , el valor del tiempo de desfase debe modificarse de acuerdo a la siguiente expresión:

$$t'_p = t_p + \frac{t_R - t_r}{4} \quad (\text{horas})$$

en que t_R es la duración real en horas.

Finalmente el tiempo base del H.U.S. se calcula con la siguiente relación:

$$T_b = 3 + 3 \left(\frac{t_p}{24} \right) \quad (\text{días})$$

Si se tienen los valores de t_p , q_p y T_b se puede trazar un H.U. compatible con estos valores y basándose en que el área encerrada por el Hidrograma corresponde a una escorrentía directa de 1 mm repartida sobre la cuenca.

Es necesario recalcar que las relaciones anteriores y sobre todo los valores de las constantes, fueron derivadas para una determinada región de los Estados Unidos (Montañas Apalaches) y que, por lo tanto, no se puede hacer uso indiscriminado de este procedimiento.

En efecto, Linsley, en un estudio efectuado en diversas cuencas en la vertiente occidental de la Sierra Nevada de California, obtuvo valores mucho menores para las constantes empíricas. (1)* Por Ejemplo:

$$0.7 \leq C_t \leq 1.0$$

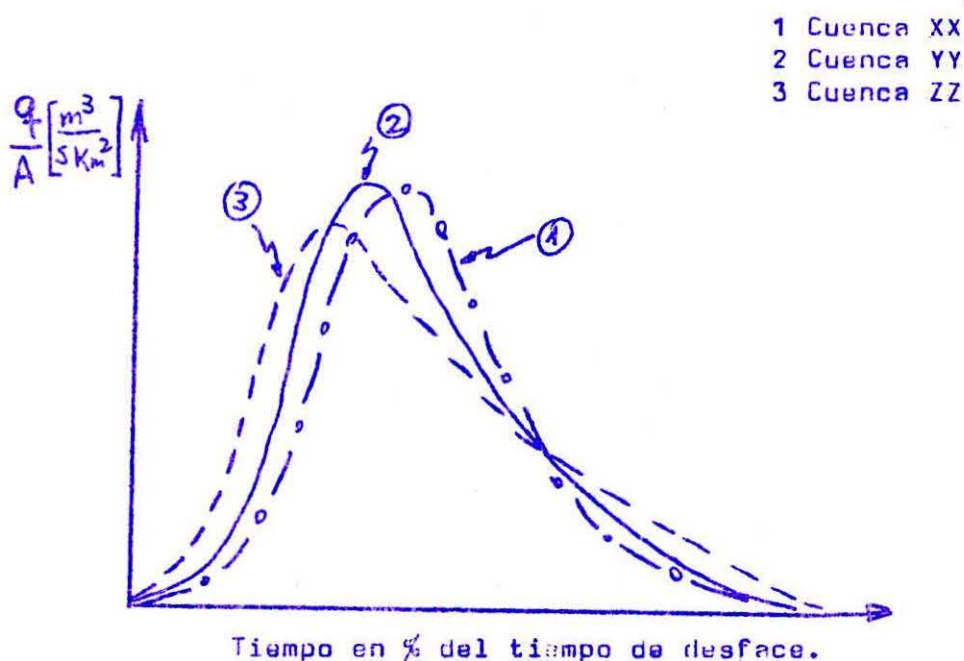
$$0.35 \leq C_p \leq 0.50$$

Es conveniente, por lo tanto, tomar este método como una ilustración de una posibilidad de desarrollar un H.U.S. y aplicarlo en nuestro país sólo cuando se disponga de experiencia suficiente, basada en estudios exhaustivos para diversas cuencas de distintas características.

3.- Transposición de Hidrogramas Unitarios.-

En caso que se disponga de varios hidrogramas unitarios en cuencas vecinas y similares a una cuenca sin control limnigráfico y cuyo H.U. se quiera determinar, usualmente es más seguro transponer o transferir estos H.U. a la cuenca en estudio y suponerlos aplicables a ella, debido a la cercanía y similitud con dichas cuencas.

Un procedimiento que podría seguirse es dibujar los H.U. disponibles en cuencas vecinas ~~vecinas~~ similares llevando en ordenadas los gastos por unidad de área (gastos específicos) y en abscisas los tiempos expresados como porcentaje del tiempo de desfase de cada cuenca, tal como se indica en la figura:



(1)* La posible explicación de que estos valores resultaran menores que los dados por Snyder, puede deberse a que las cuencas estudiadas por Linsley eran de régimen pluvio-nival y por lo tanto, no toda la cuenca estaba contribuyendo a la crecida por lluvia. Si se desprecia el área de la cuenca nival, los valores de las constantes dadas por Linsley y Snyder concuerdan dentro de límites razonables.

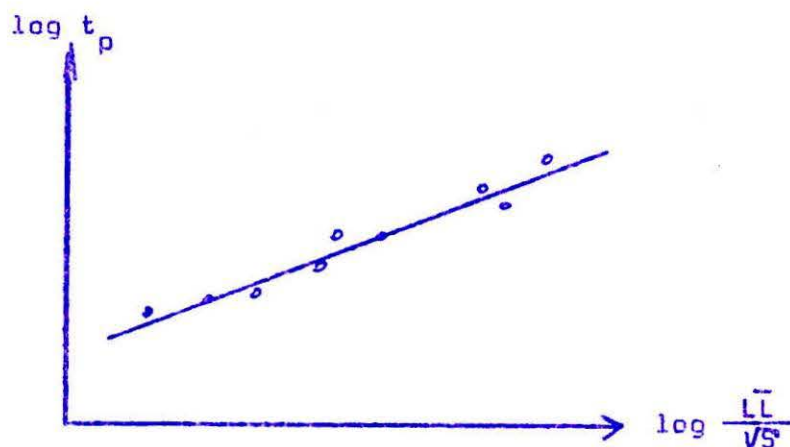
* La diferencia puede deberse también a que las cuencas de California tienen mayores pendientes que las de los Apalaches.

De esta manera, si cada uno de los H.U. corresponden a lluvias efectivas de la misma duración, se pueden comparar los H.U. de las cuencas vecinas controladas y obtener un H.U. medio.

Para obtener el H.U. final de la cuenca sin controlar, es necesario determinar su tiempo de desfase. Para ello, Linsley, Kohler y Paulhus han propuesto la siguiente expresión:

$$t_p = C_t \frac{(\bar{L}\bar{L})^n}{\sqrt{S}}$$

donde C_t y n son constantes empíricas, "S" es la pendiente media de la hoya y L y $\bar{L}$ corresponden a los parámetros morfométricos definidos por Snyder. En base a un estudio regional de cuencas controladas se puede establecer una correlación entre valores conocidos de t_p y de $\frac{\bar{L}\bar{L}}{\sqrt{S}}$, que gráficamente queda expresada como se indica en la figura:

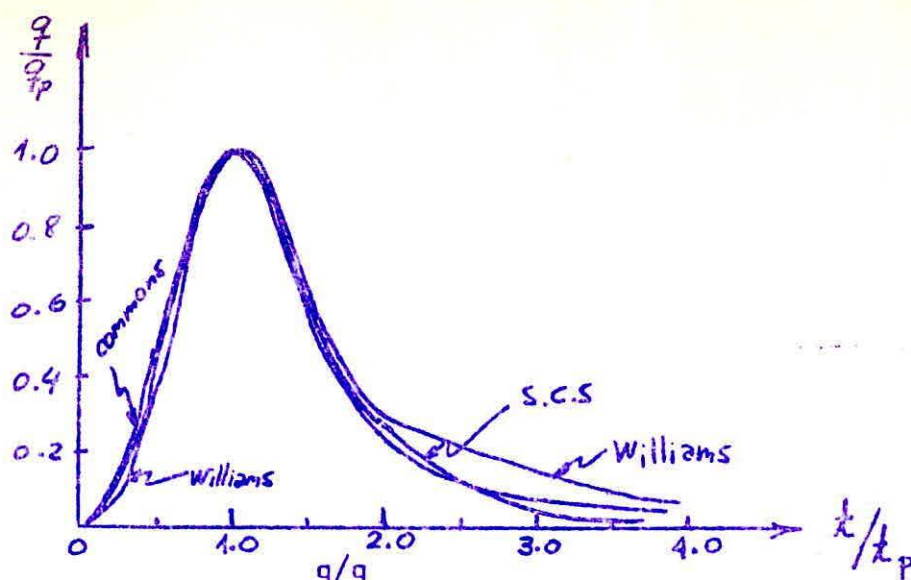


Luego, conociendo el valor de $\frac{\bar{L}\bar{L}}{\sqrt{S}}$ para la cuenca sin controlar, se puede determinar en base a un gráfico como el anterior, su tiempo de desfase y en consecuencia, su H.U. utilizando el H.U. adimensional promedio indicado más arriba.

4.- Método del Hidrograma Unitario Adimensional.-

Varios autores, en base a extensos estudios de hidrogramas, han desarrollado hidrogramas unitarios adimensionales que en general son aplicables, como primera aproximación a cualquier cuenca. En la figura siguiente se incluye como ejemplo del H.U. adimensional de Commons (1942) que difiere poco de los propuestos por otros autores.

Es evidente que tal como se expresan este tipo de H.U. adimensionales, ellos sólo permiten determinar la forma general del H.U. Para determinar los valores del H.U., es necesario por lo tanto, tener una estimación o determinación indirecta del gasto "peak" y del correspondiente tiempo de desfase. Estos valores pueden obtenerse por cualquiera de los procedimientos indicados más atrás. En especial del valor del gasto "peak" puede determinarse mediante un análisis de frecuencia de gastos máximos estimados y/o medidos según se analizará más adelante al tratar los procedimientos estadísticos.



COORDENADAS ADIMENSIONALES

$\frac{t}{t_p}$	Commons	William	S.C.S.*
0,25	0,15	0,08	0,13
0,50	0,50	0,35	0,44
1,00	1,00	1,00	1,00
1,25	0,83	0,62	0,84
1,50	0,60	0,60	0,62
2,00	0,23	0,35	0,30
2,50	0,15	0,24	0,15
3,00	0,11	0,16	0,06
3,50	0,10	0,12	0,03
4,00	0,09	0,09	0,015

6.- Hidrogramas Unitarios Compuestos:-

Si en base al H.U., se desea estimar las crecidas de una cuenca muy extensa para la cual no es posible determinar el H.U., se puede utilizar el método del H.U. compuesto. (Debe recordarse que no es aconsejable determinar el H.U. de cuencas muy extensas por razones de variabilidad especial y temporal de las lluvias unitarias que se consideren).

Este método consiste en tabular los H.U. de las subcuencas dentro de la cuenca total, desfasados según el tiempo de transición entre la salida de la subcuenca y la sección de salida de la cuenca total. Para cada subcuenca se determina el hidrograma de escorrentía directa multiplicando las ordenadas de su H.U. por el volumen de lluvia efectiva que corresponda. Luego, sumando las columnas de esta tabulación se obtiene el hidrograma de escorrentía directa en la sección de salida al que deberá sumarse el flujo base para obtener el hidrograma total de la crecida en estudio.

* "Soil Conservation Service".

Este procedimiento posee muchas imperfecciones de orden teóricos que son fáciles de adivinar. Por ejemplo solo se considera una translación directa de las crecidas parciales sin tener en cuenta el efecto regulador de los cauces al propagarse las "crecidas parciales". Este punto se puede tener en cuenta por medio de los procedimientos de "rastreo" de crecidas que se explican más adelante.

Sin embargo, si el método se considera sólo como una primera aproximación, tiene utilidad práctica por la simplicidad y rapidez con que se puede aplicar en diseños o predicciones preliminares de crecidas.