



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
MERIDA VENEZUELA

Facultad de Ingeniería
Escuela de Civil. Departamento de Hidráulica y
Sanitaria
Hidrología



GENERACIÓN DE HIDROGRAMAS SINTÉTICOS MÉTODO DE C.O. CLARK

Prof. Ada Moreno

MÉTODO DE CLARK

- El Hidrograma Unitario de Clark es empleado cuando no se cuentan con datos de caudales de una creciente desencadenados por una tormenta (Fattorelli y Fernández, 2007).





MÉTODO DE CLARK

- Está basado en el principio de que el hidrograma total de una creciente es la suma de todos los hidrogramas aportados por las distintas subcuencas, debidamente modificados por el efecto de almacenamiento en el río (Ramírez, 2003).

CONSIDERACIONES DEL MÉTODO DE CLARK

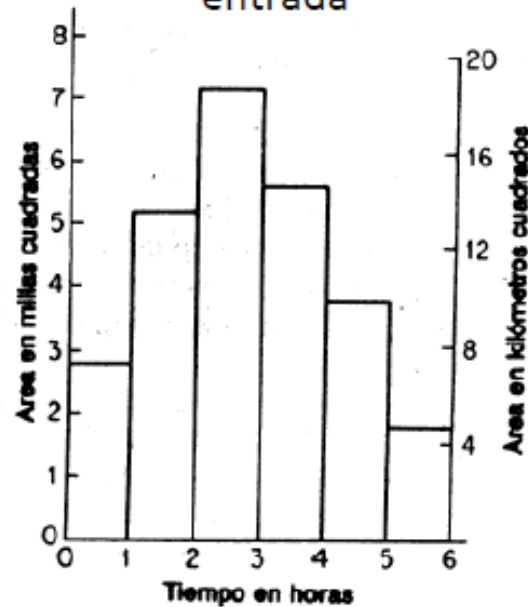


MÉTODO DE CLARK



----- Isocronas

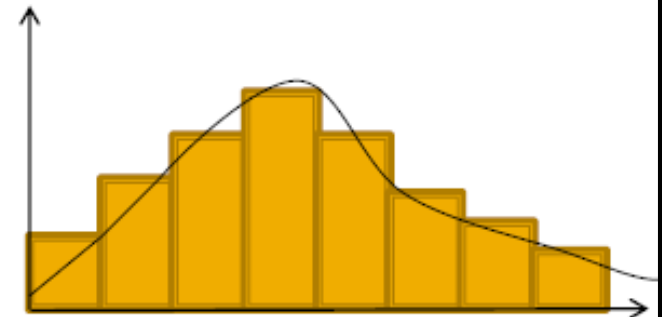
Hidrograma de entrada



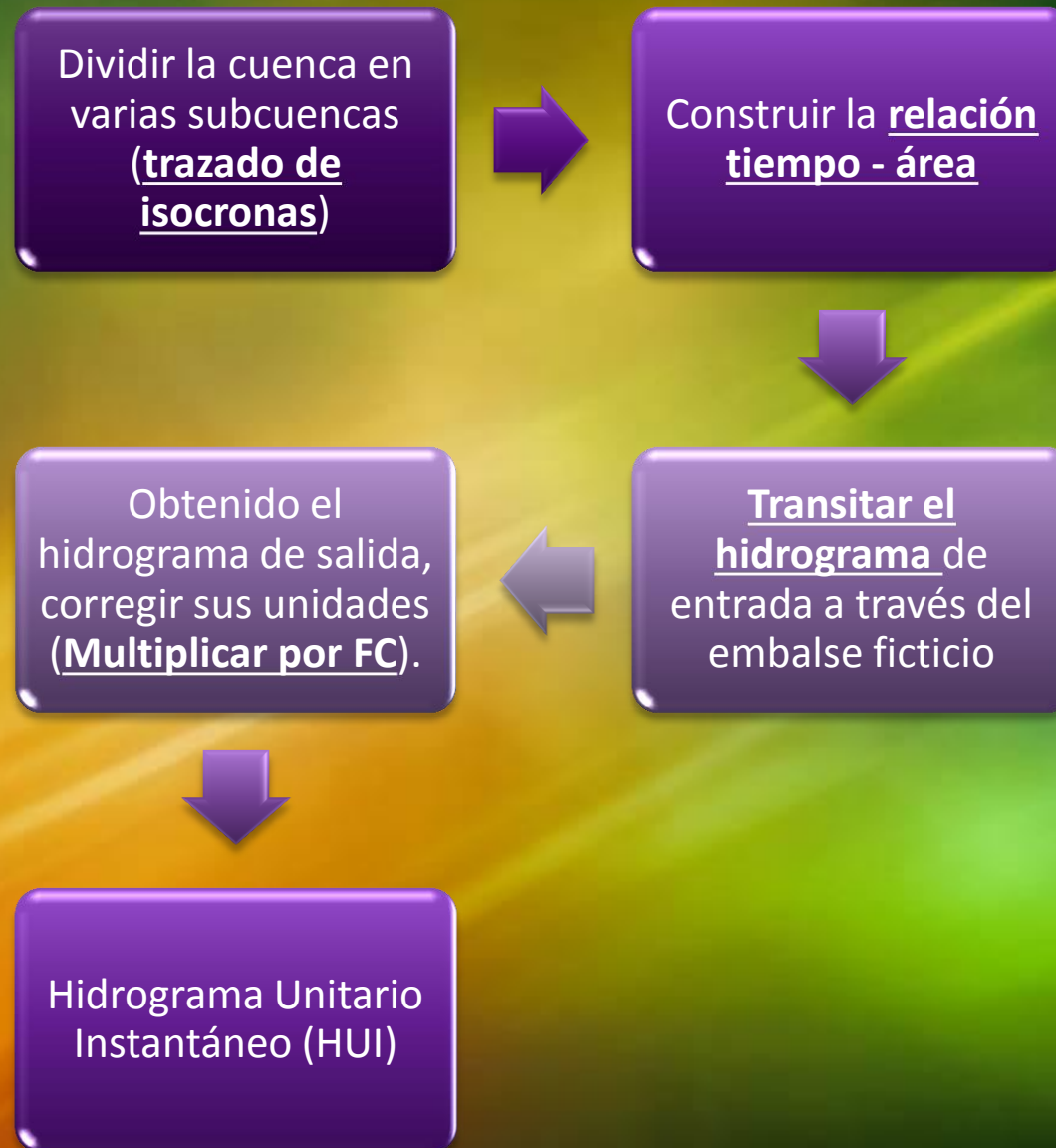
Tránsito en un embalse ficticio



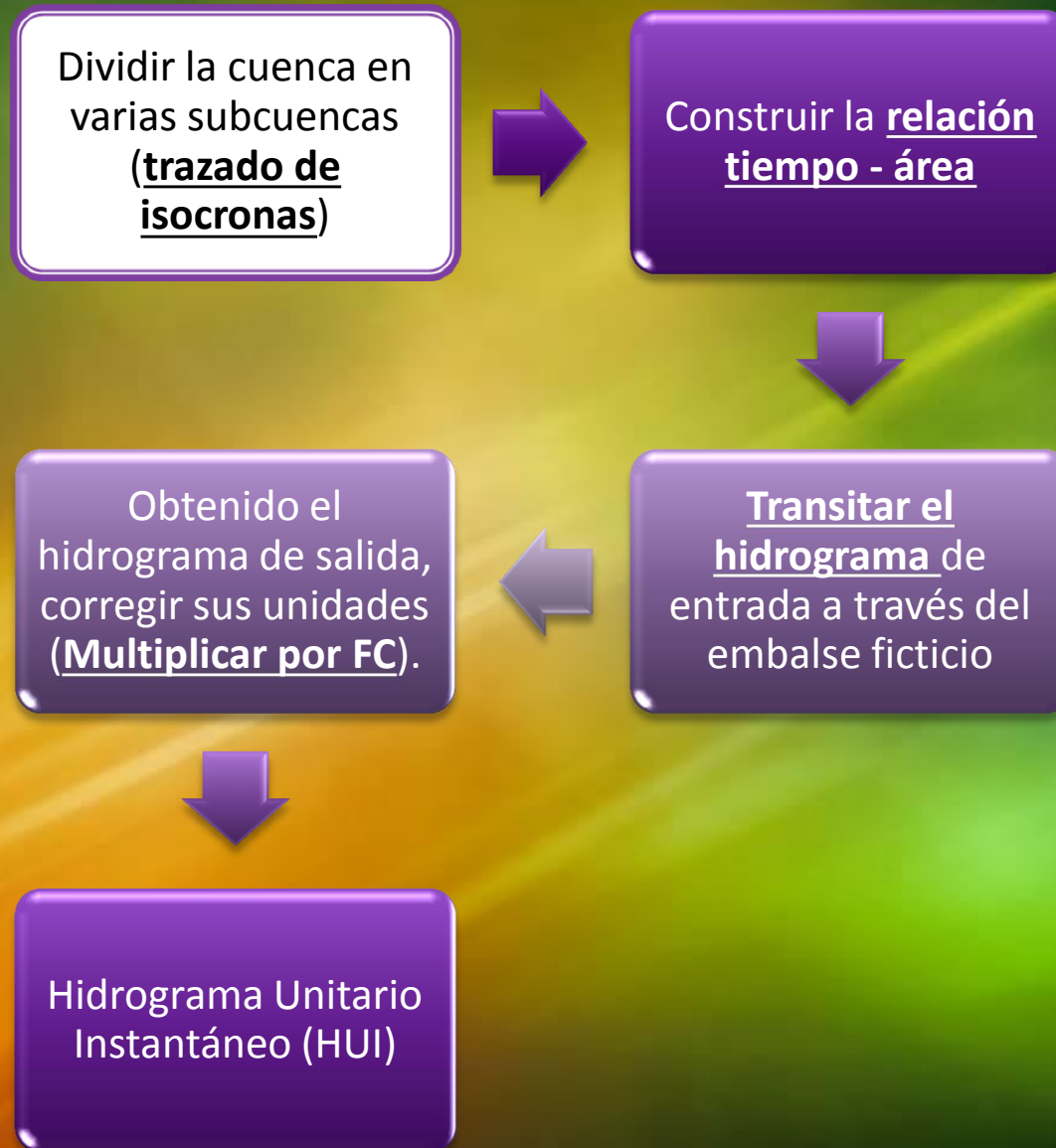
Hidrograma de salida



PROCEDIMIENTO



PROCEDIMIENTO

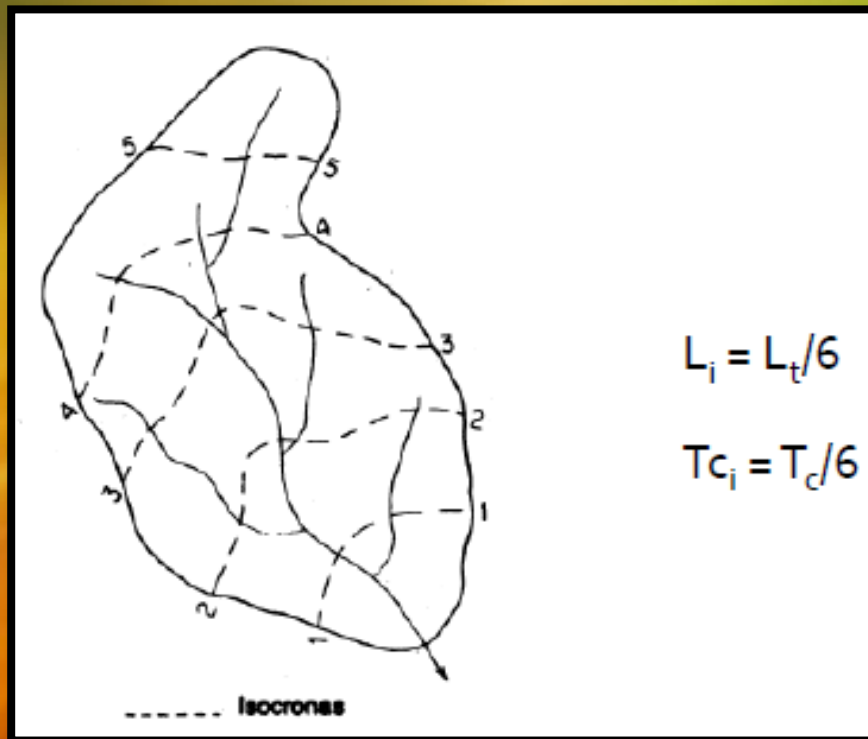


TRAZADO DE ISOCRONAS

- Las distintas subcuencas son delimitadas a través de las isocronas, las cuales son líneas que unen puntos con igual tiempo de concentración

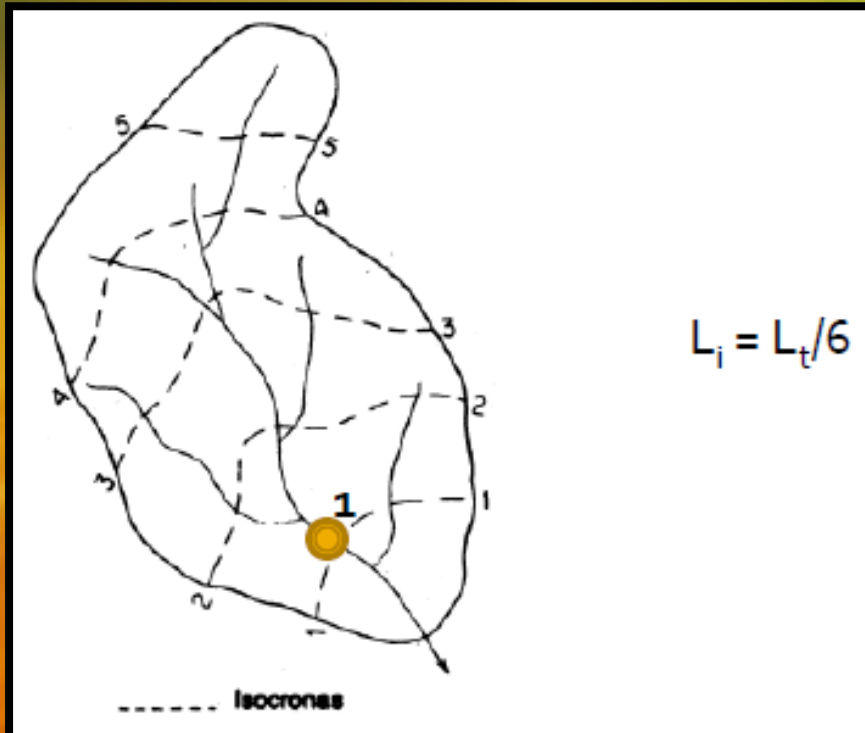
TRAZADO DE LAS ISOCRONAS

- Dividir la longitud del cauce principal en tramos iguales, y cuyo número depende de la cantidad de isocronas a trazar



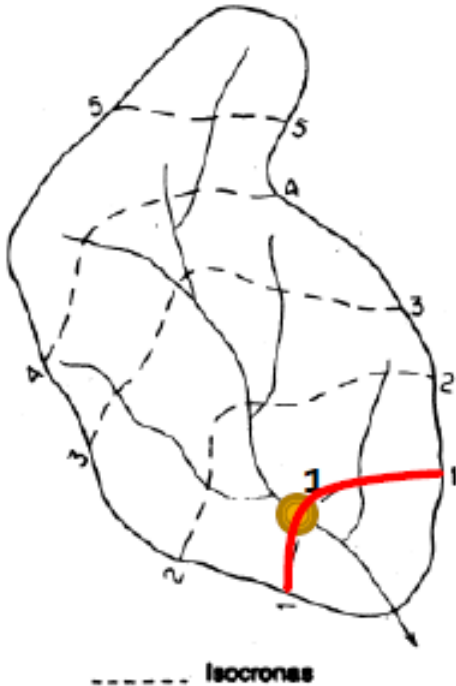
TRAZADO DE LAS ISOCRONAS

- Para el trazado de la primera isocrona, llevar la distancia L_i sobre el cauce principal, obteniendo el punto 1



TRAZADO DE LAS ISOCRONAS

- Para el punto 1, estimar el tiempo de concentración:



$$T_{c_i} = 0,9545(L_i^3/H_i)^{0,385}$$

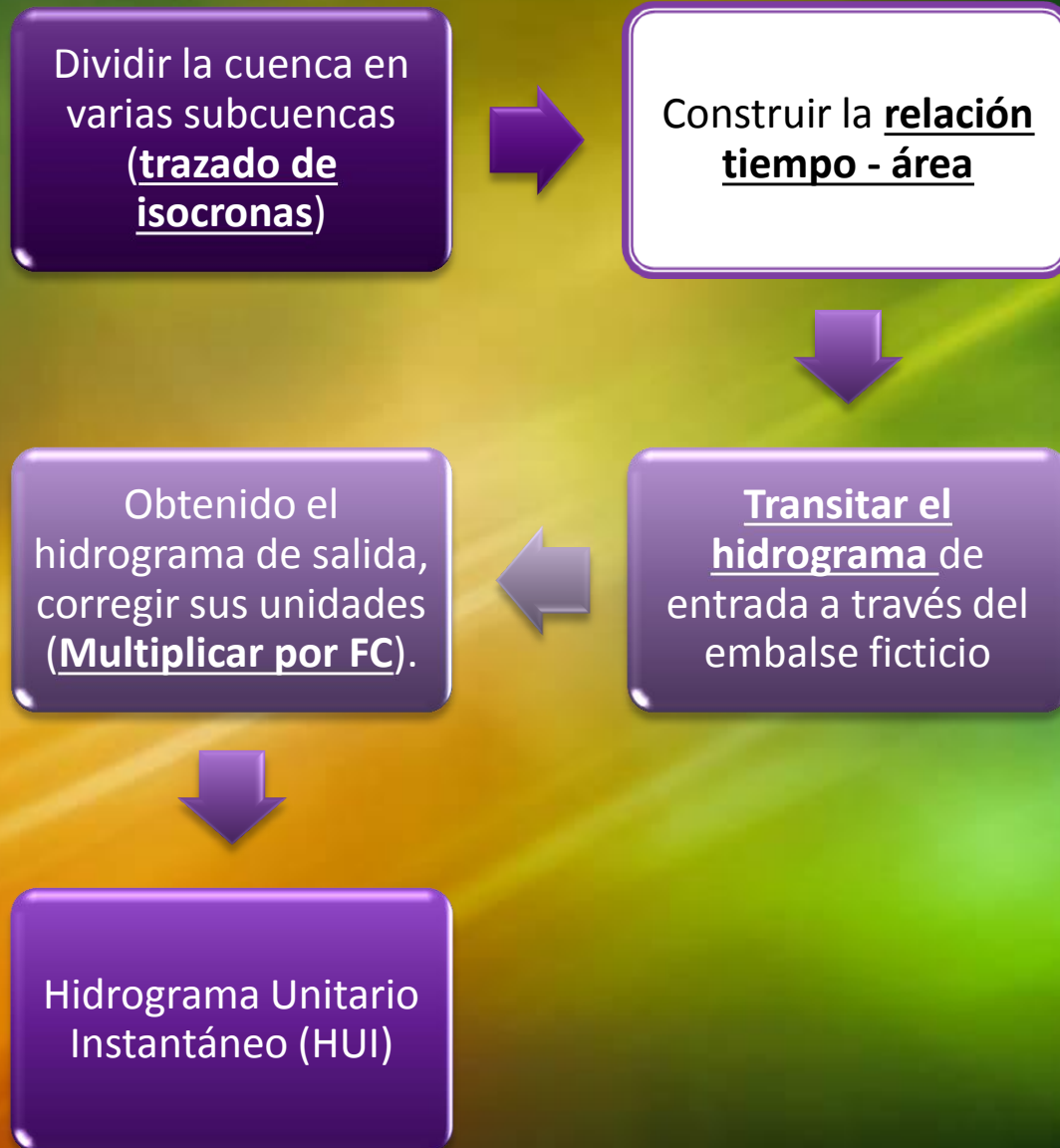
Si $T_{c_{\text{calculado}}} = T_c/6$ se tiene el trazado de la primera isócrona, continuar con la segunda



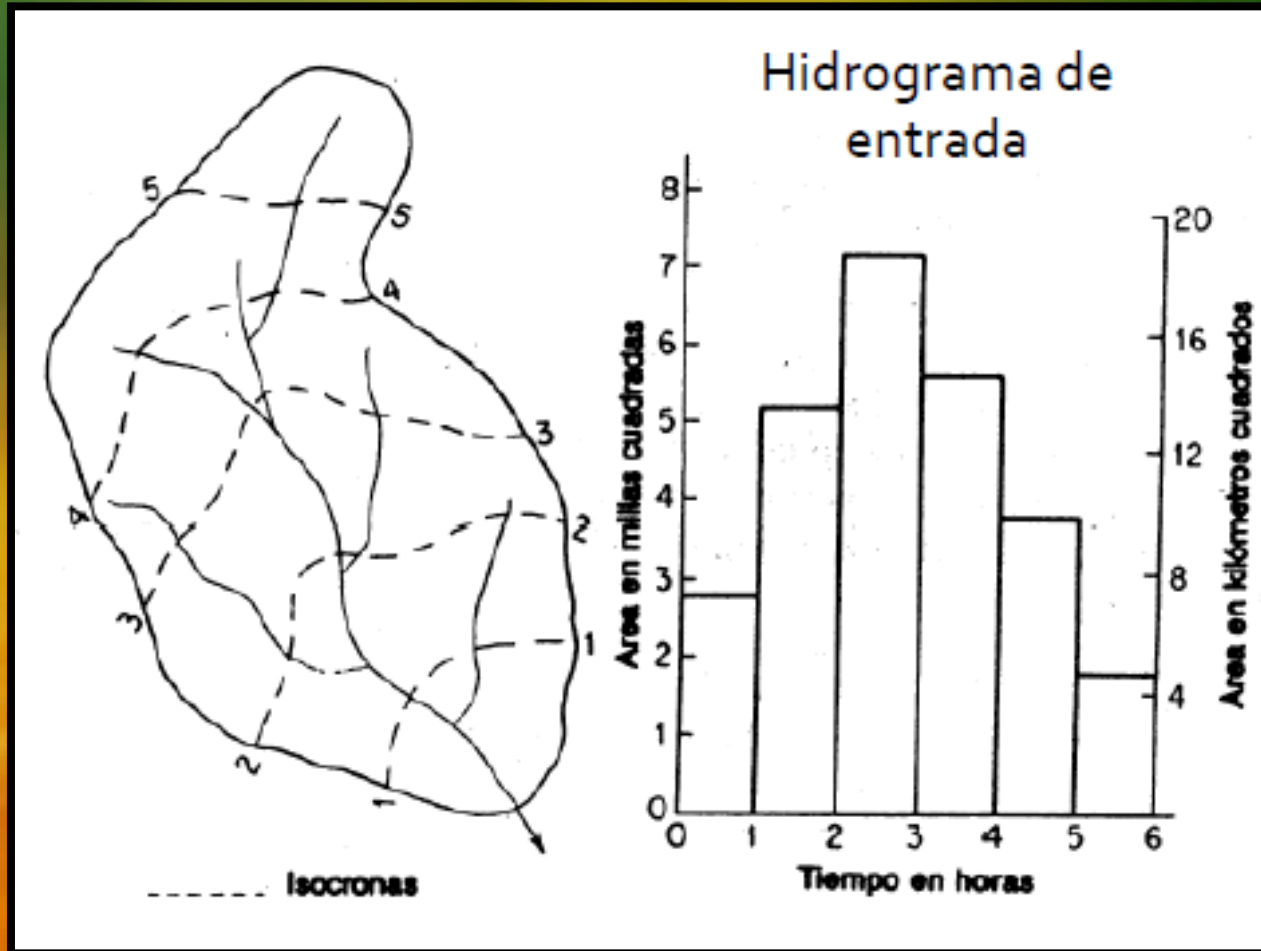
$$T_{c_i} = 0,9545(L_i^3/H_i)^{0,385}$$

Si $T_{c_{\text{calculado}}} \neq T_c/6$ se hace una nueva iteración,
con una longitud L_i diferente, hasta lograr que
 $T_{c_{\text{calculado}}} = T_c/6$

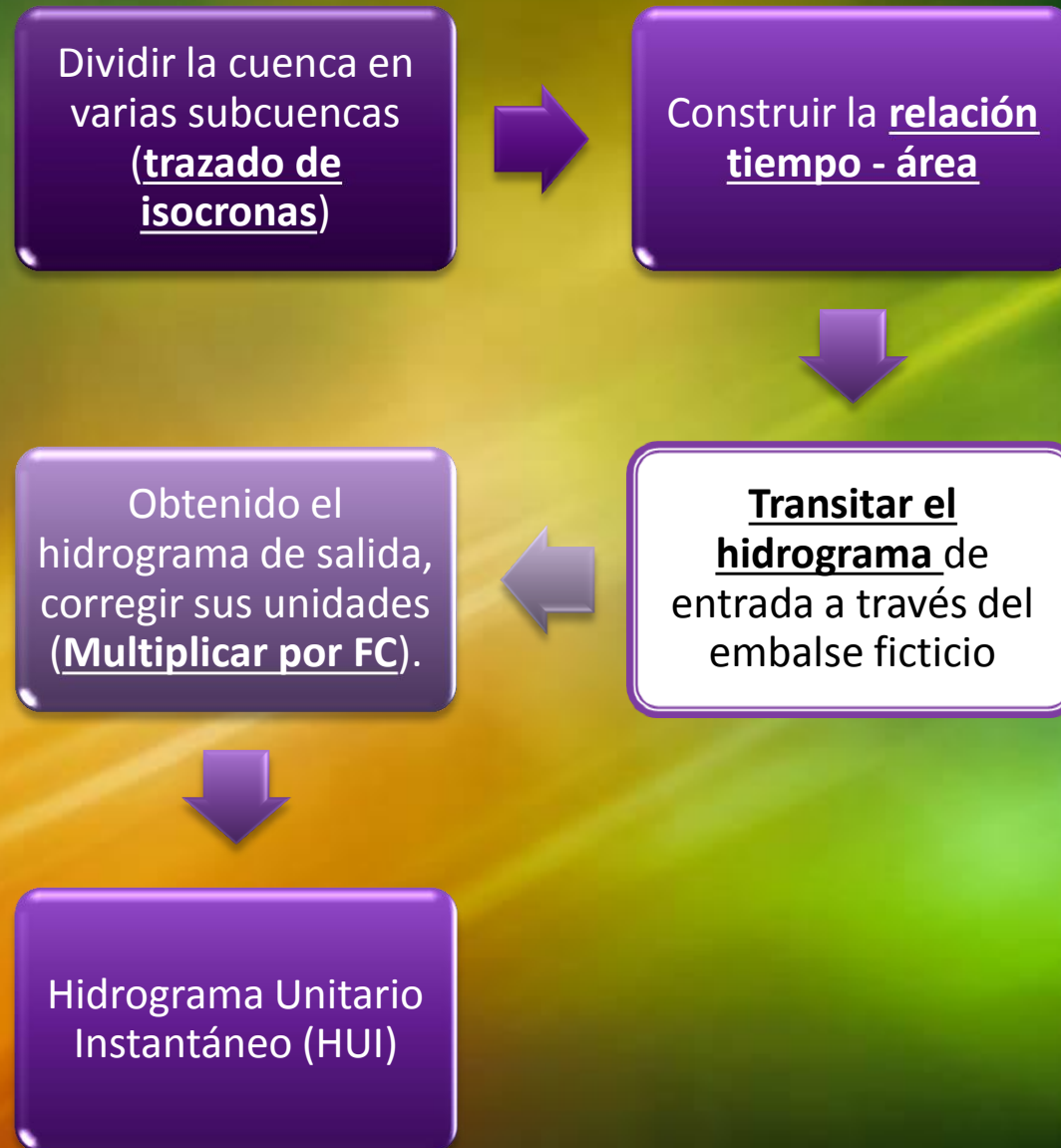
PROCEDIMIENTO



RELACIÓN TIEMPO – AREA (HIDROGRAMA DE ENTRADA)



PROCEDIMIENTO



TRÁNSITO POR EMBALSE FICTICIO

- ECUACIÓN DE MUSKINGUM

$$O_2 = C_0 I_1 + C_1 I_2 + C_2 O_1$$

donde

O_2 : Caudal de salida al final del intervalo Δt .

O_1 : Caudal de salida al inicio del intervalo Δt .

I_1 : Caudal de entrada al inicio del intervalo Δt .

I_2 : Caudal de entrada al final del intervalo Δt .

C_0 , C_1 y C_2 : Coeficientes de tránsito.

TRÁNSITO POR EMBALSE FICTICIO

- COEFICIENTES DE TRÁNSITO

$$C_0 = \frac{0,5\Delta t - KX}{K + 0,5\Delta t - KX}$$

$$C_1 = \frac{0,5\Delta t + KX}{K + 0,5\Delta t - KX}$$

$$C_2 = \frac{K - 0,5\Delta t - KX}{K + 0,5\Delta t - KX}$$

Donde

$X = 0$, para embalse (ficticio)

$K = 0,6T_c$

Δt : Intervalo entre isocronas.

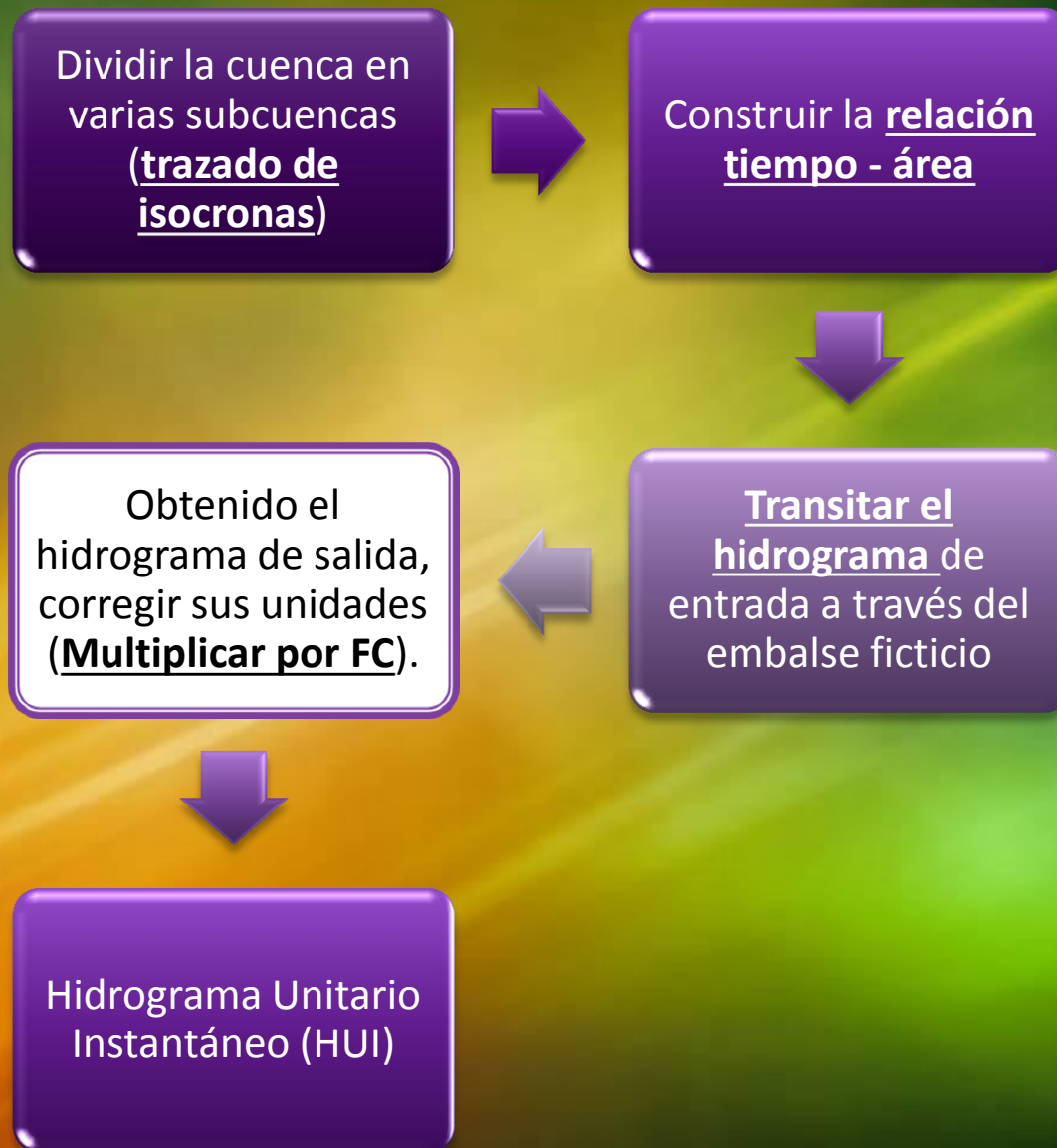
TRÁNSITO POR EMBALSE FICTICIO

- COEFICIENTES DE TRÁNSITO (Método de C.O. Clark)

$$C_0 = C_1 = \frac{0,5\Delta t}{K+0,5\Delta t}$$

$$C_2 = \frac{K-0,5\Delta t}{K+0,5\Delta t}$$

PROCEDIMIENTO



CORRECCIÓN DE UNIDADES

- El hidrograma obtenido hasta ahora aun no tiene las unidades de caudal, es por ello que los valores deben ser afectados por el siguiente factor de corrección (FC):

$$FC = \frac{Pe * A}{100 * \Delta t}$$

Pe: Precipitación efectiva en m.

A: Área de la cuenca en m²

Δt : Intervalo de tiempo entre isocronas en segundos.

OBTENCIÓN DEL HIDROGRAMA DE ESCORRENTÍA DIRECTA A PARTIR DEL HUI

- Para obtener los caudales generados por una tormenta de cualquier duración, utilizando el HUI, es necesario transformar la lluvia en precipitación instantánea

EJEMPLO

- Obtener el HUI para la cuenca de un río con un tiempo de concentración de 4 horas, un área de 450 km², y las subcuencas se dividen de la siguiente manera:

Tiempo (h)	Área (km ²)
0 - 1	75
1 - 2	134
2 - 3	123
3 - 4	118

EJEMPLO...

- Adicionalmente se pide estimar el hidrograma de escorrentía directa (Hed) generado en dicha cuenca por la tormenta mostrada en la tabla, considerando un índice de infiltración de 3,5 mm/h :

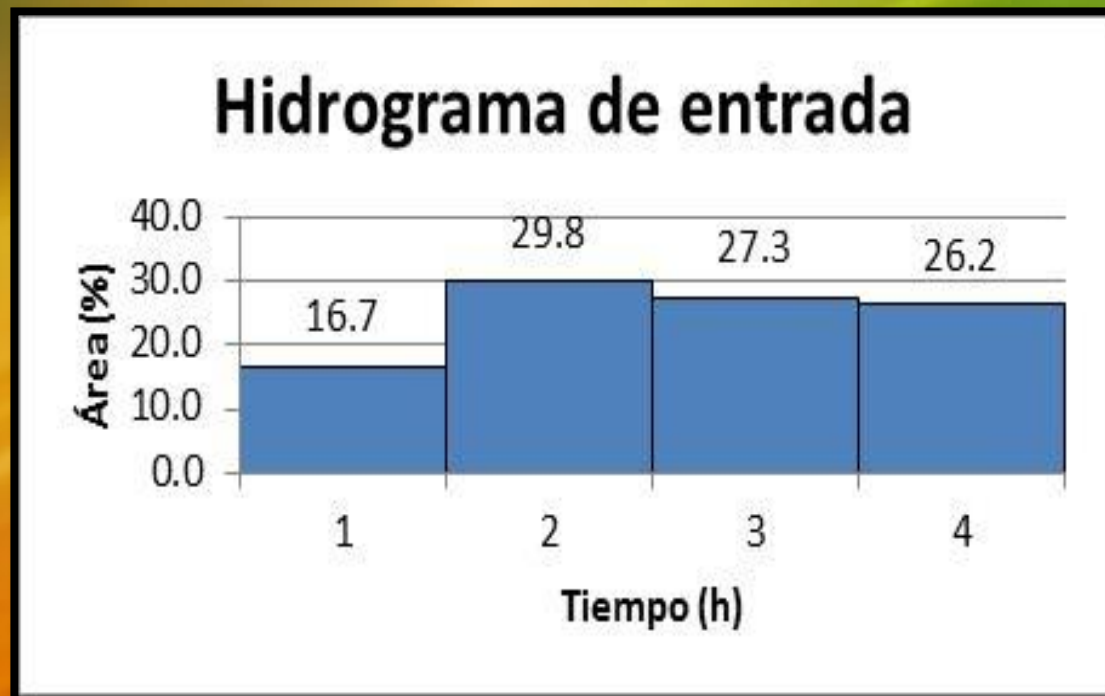
Tiempo (h)	Intensidad (mm/h)
0 - 1	4
1 - 2	5
2 - 3	3

SOLUCIÓN

- Las isocronas trazadas, indican las áreas de cada subcuenca, resultando ser los siguientes valores:

Tiempo (h)	Área (km ²)	Área (%)
0 - 1	75	16,7
1 - 2	134	29,8
2 - 3	123	27,3
3 - 4	118	26,2
TOTAL	450 km²	100%

- La relación tiempo - área estimada previamente, representa el hidrograma de entrada a la cuenca del río



TRÁNSITO DEL HIDROGRAMA DE ENTRADA A TRAVÉS DE LA CUENCA...

- ECUACIÓN DE MUSKINGUM

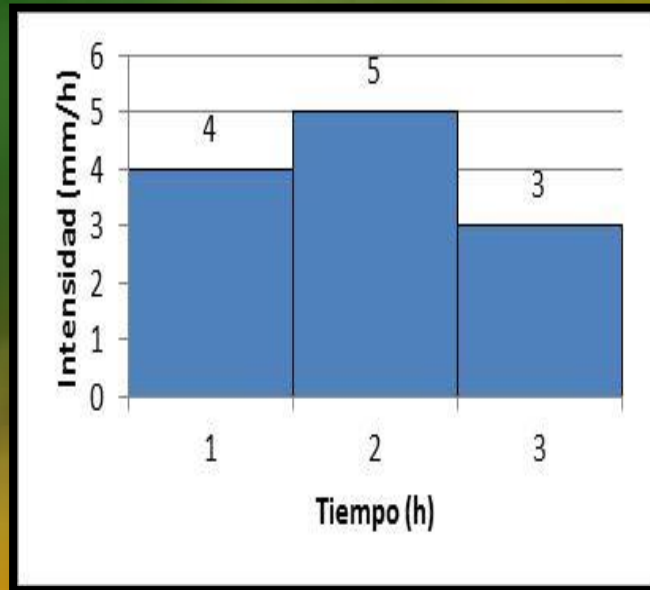
$$O_2 = C_0 I_1 + C_1 I_2 + C_2 O_1$$

$$\text{Si } C_0 = C_1 \quad \text{y} \quad I_1 = I_2$$

$$O_2 = 2C_0 I + C_2 O_1$$

T (h)	I (%Area)	$2C_0 * I$	$C_2 * O_1$	O_2	HUI ($m^3/s * mm$)
0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	16.7	5.75	0.00	5.75	7.18
2	29.8	10.27	3.77	14.03	17.54
3	27.3	9.43	9.19	18.62	23.27
4	26.2	9.04	12.20	21.24	26.55
5			13.92	13.92	17.40
6			9.12	9.12	11.40
7			5.97	5.97	7.47
8			3.91	3.91	4.89
9			2.56	2.56	3.21
10			1.68	1.68	2.10
11			1.10	1.10	1.38
12			0.72	0.72	0.90
13			0.47	0.47	0.59
14			0.31	0.31	0.39
15			0.20	0.20	0.25
16			0.13	0.13	0.17
17			0.09	0.09	0.11
18			0.06	0.06	0.07
19			0.04	0.04	0.05
20			0.02	0.02	0.03
21			0.02	0.02	0.02
22			0.01	0.01	0.01
23			0.01	0.01	0.01

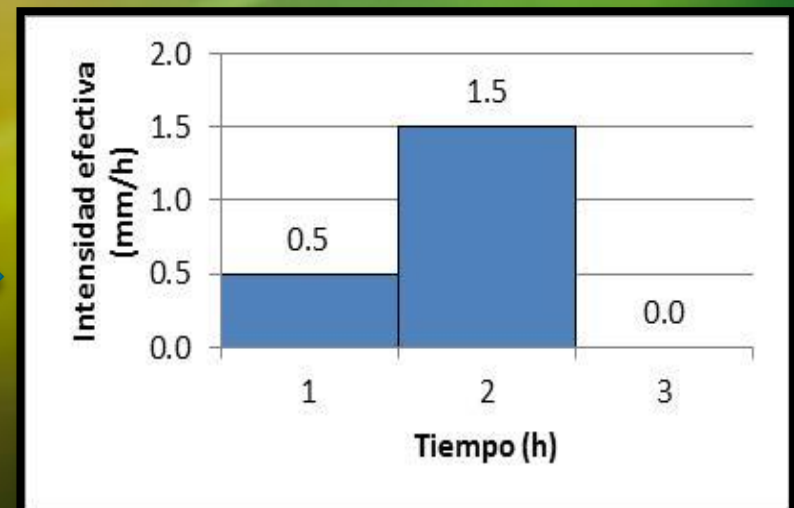
Obtención del hidrograma de crecida o de Escorrentía Directa (Hed), a partir del HUI



Tiempo (h)	Intensidad (mm/h)
1	4
2	5
3	3



Al restarle el índice de infiltración, se obtiene la intensidad efectiva



T (h)	HUI (m ³ /s*mm)	HUIx0,25	HUIx1,00	HUIx0,75	Hed (m ³ /s)
0	0.00	0.00			0.00
1	7.18	1.80	0.00		1.80
2	17.54	4.39	7.18	0.00	11.57
3	23.27	5.82	17.54	5.39	28.75
4	26.55	6.64	23.27	13.16	43.07
5	17.40	4.35	26.55	17.46	48.36
6	11.40	2.85	17.40	19.91	40.16
7	7.47	1.87	11.40	13.05	26.31
8	4.89	1.22	7.47	8.55	17.24
9	3.21	0.80	4.89	5.60	11.29
10	2.10	0.53	3.21	3.67	7.40
11	1.38	0.34	2.10	2.40	4.85
12	0.90	0.23	1.38	1.58	3.18
13	0.59	0.15	0.90	1.03	2.08
14	0.39	0.10	0.59	0.68	1.36
15	0.25	0.06	0.39	0.44	0.89
16	0.17	0.04	0.25	0.29	0.59
17	0.11	0.03	0.17	0.19	0.38
18	0.07	0.02	0.11	0.12	0.25
19	0.05	0.01	0.07	0.08	0.16
20	0.03	0.01	0.05	0.05	0.11
21	0.02	0.01	0.03	0.04	0.07
22	0.01	0.00	0.02	0.02	0.05
23	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Fatorrelli, S., y Fernández, P. (2007). Diseño Hidrológico. Zeta Editores. Mendoza - Argentina.
- Ramírez, M. (2003). *Hidrología Aplicada*. Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería. Mérida - Venezuela.