

CI 41C HIDROLOGÍA

CAPÍTULO 8

ESTUDIO DE CRECIDAS





fcfm

Ingeniería Civil
UNIVERSIDAD DE CHILE

• Estimar caudales máximos asociados a cierta probabilidad para diseñar:

- obras de evacuación y control (vertederos)
- obras de drenaje (puentes y alcantarillas de caminos, redes de aguas lluvias)
- obras de protección contra inundaciones (defensas ribereñas, encauzamiento)
- Pronóstico de crecidas a corto plazo para:
 - operación de compuertas en vertederos
 - tomar medidas de protección y salvataje de centros urbanos

Objetivo



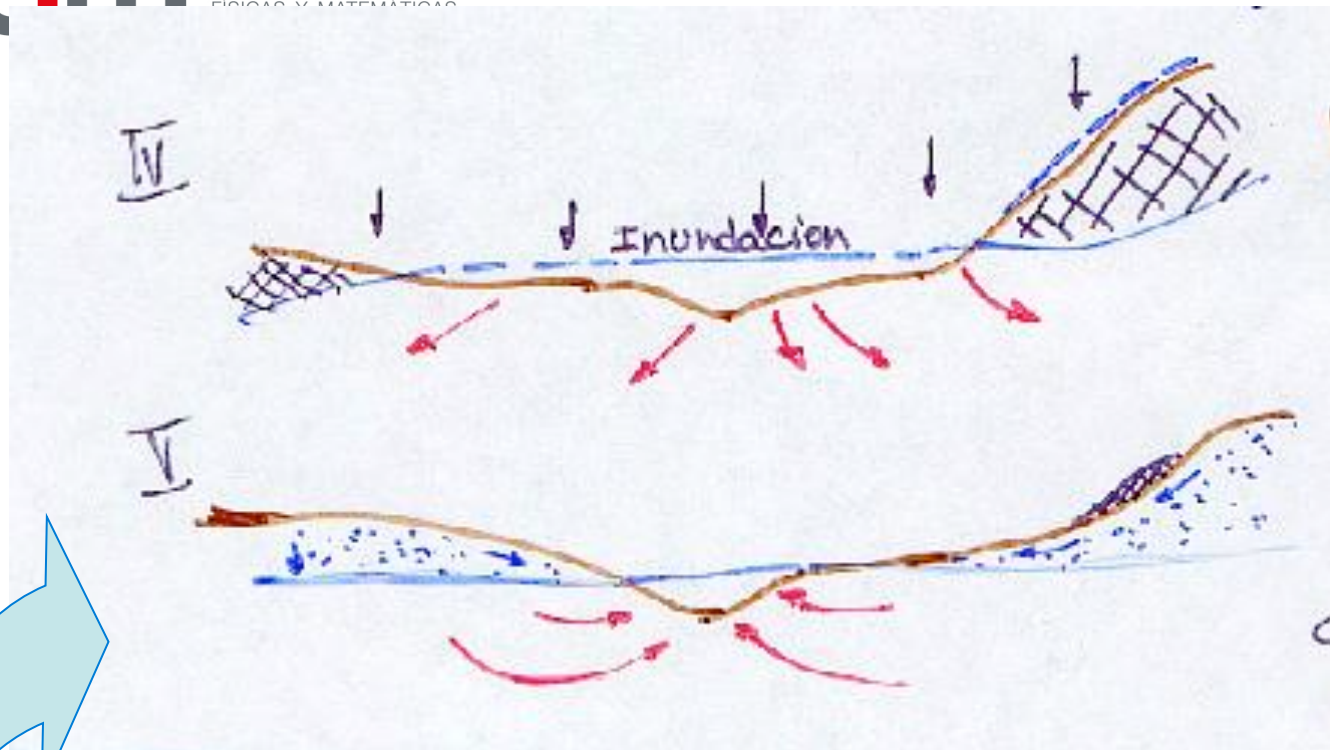
UNIVERSIDAD DE CIENCIAS
Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



Ciclo de escorrentía



Zona de aireación saturada

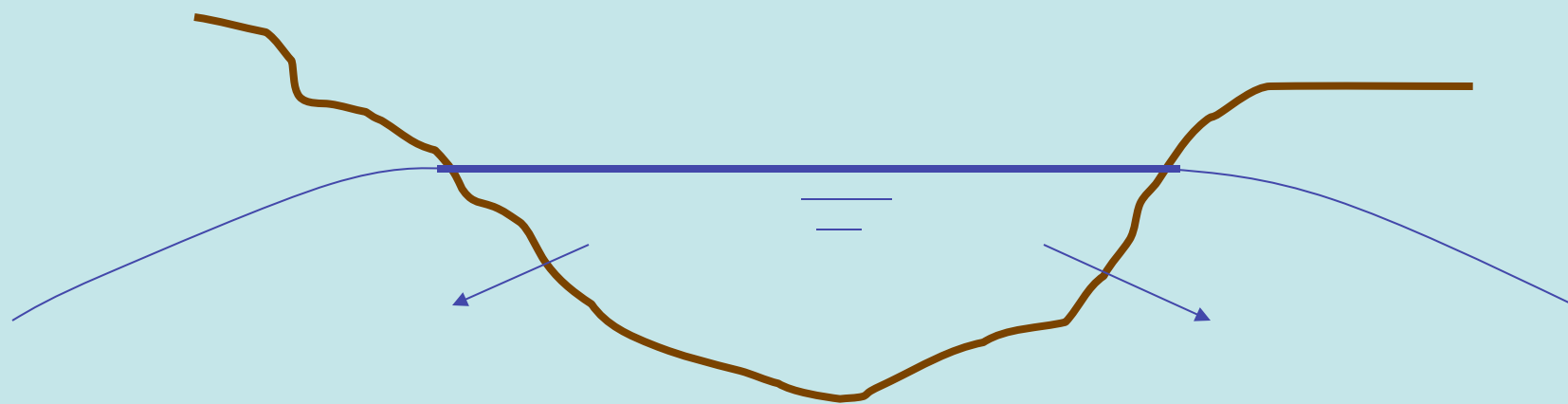
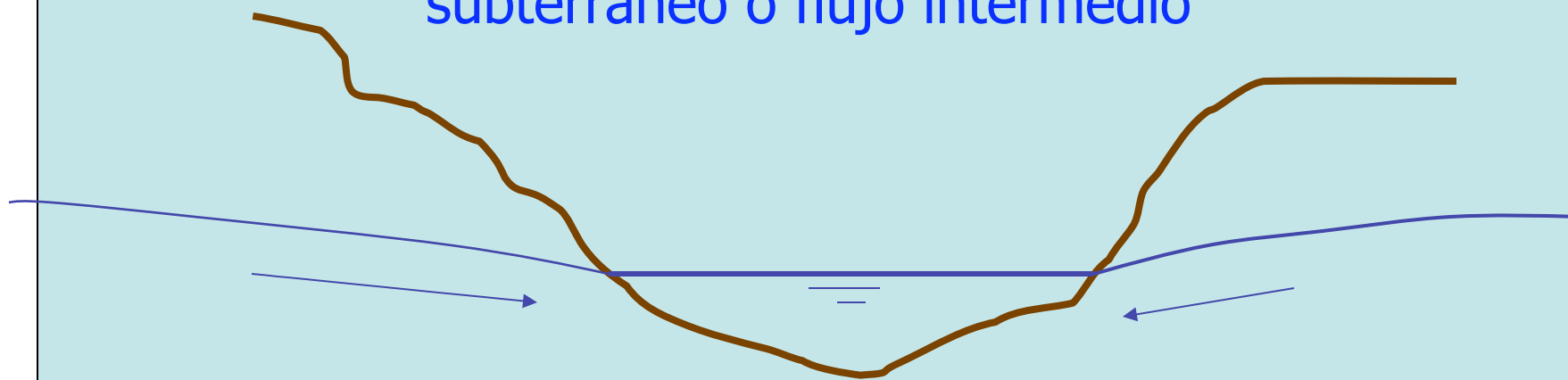


**Se agotan posibilidades de almacenamiento.
Contribuye escorrentía subsuperficial**

**Pp cesa. Agua de zona de aireación
pasa a cauces o acuíferos**



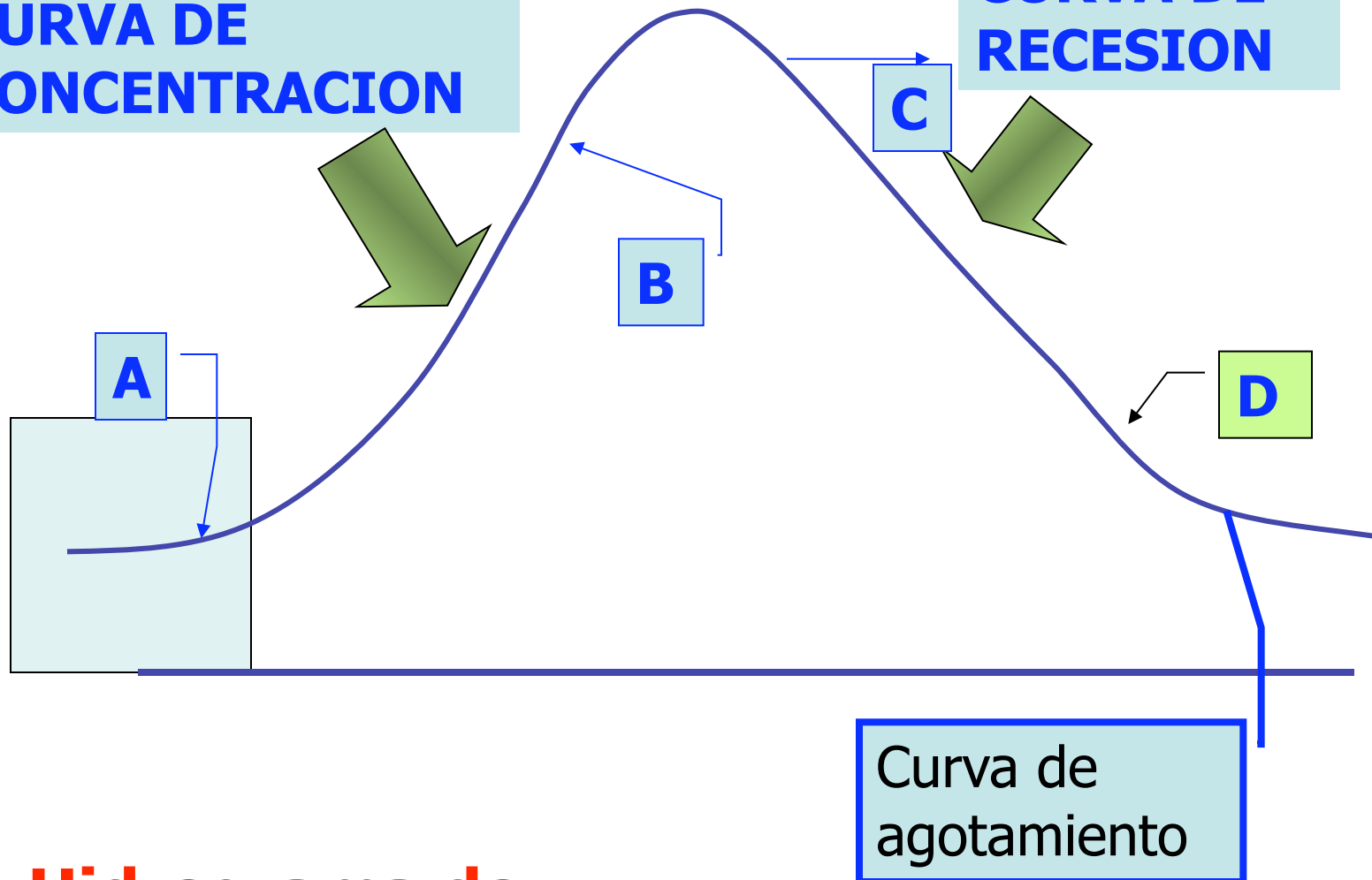
Flujo Base proviene de flujo subterráneo o flujo intermedio





**CURVA DE
CONCENTRACION**

**CURVA DE
RECESION**



Hidrograma de Escorrentia Total



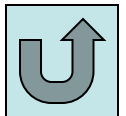
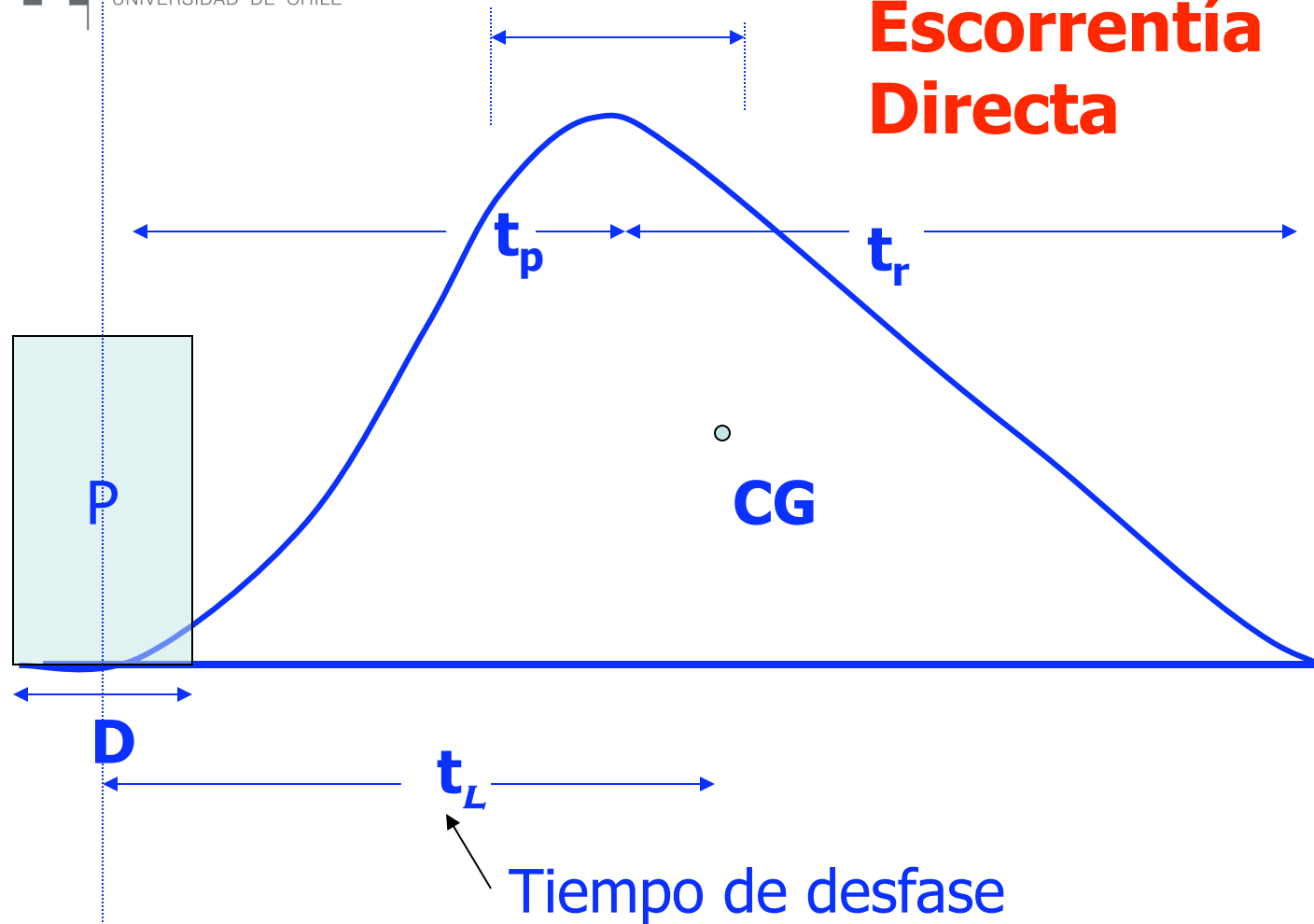


fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Zona del máximo

Hidrograma de Escorrentía Directa





fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



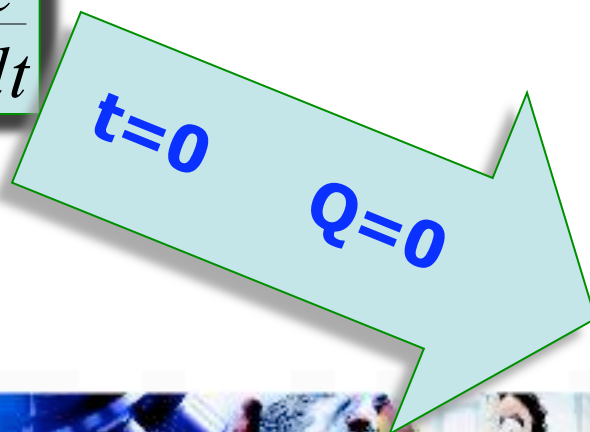
$$I - Q \equiv \frac{dS}{dt}$$

$$Q = KS$$

$$dQ = KdS$$



$$I - Q \equiv \frac{dQ}{K dt}$$



$$Q(t) \equiv I(1 - e^{-Kt})$$



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

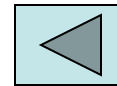


fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



No hay entrada, $I = 0$



$$dQ = K'dS$$

$$Q \equiv \frac{dS}{dt} \equiv \frac{dQ}{K' dt}$$

$$t=t_0 \quad Q=Q_0$$

$$Q(t) = Q_0 e^{-K't'}$$

$$t' = t - t_0$$

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



$$Q(t) = Q_0 K^t$$

Varia con q y
estación

$$-\frac{dS}{dt} \equiv Q_t$$

$$-dS = Q_0 K^t dt$$

$$-\int_{S_0}^{S_t} dS \equiv \int_{t_0}^t Q_t dt \equiv \int_{t_0}^t Q_0 K^t dt$$



$$S_0 - S_t \equiv \frac{Q_t - Q_0}{\ln(K)}$$



fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Almacenamiento Remanente

$$t=t_1 \quad Q_0=0, \quad S_0=0$$

$$S_{t_1} \equiv \frac{-Q_{t_1}}{\ln(K)}$$



FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

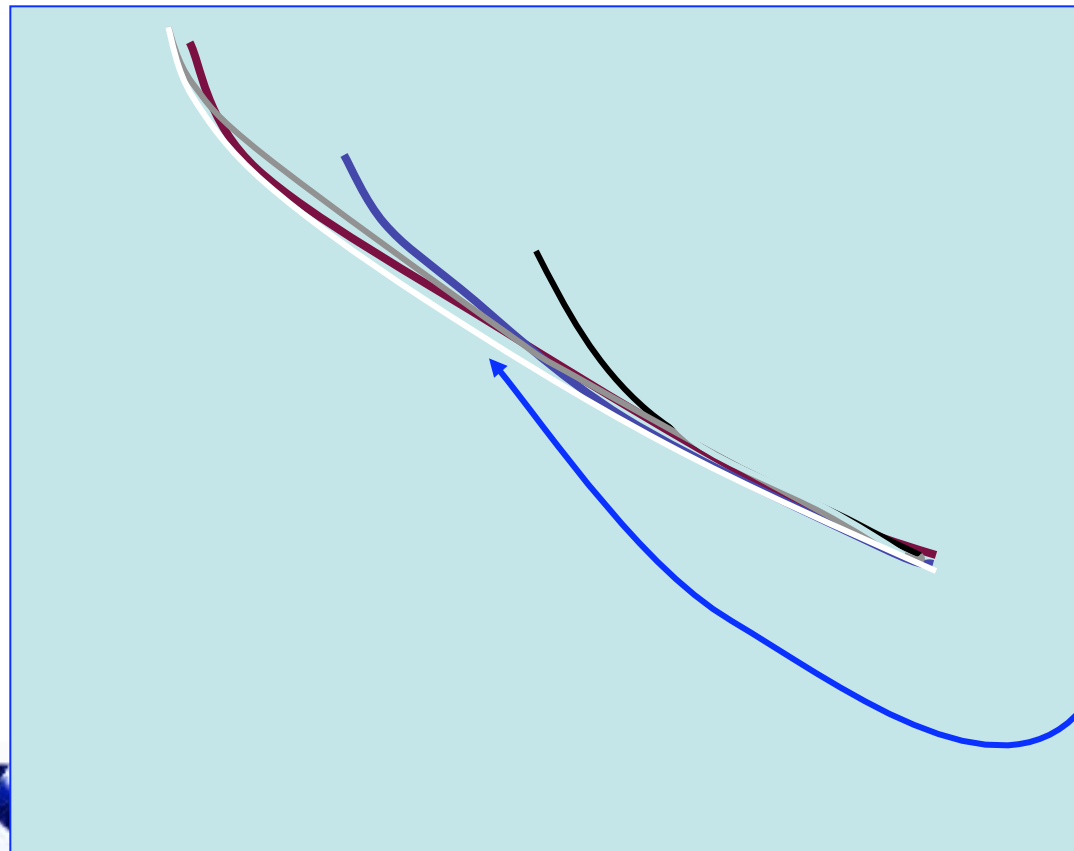


fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Curva General de agotamiento

Análisis de curvas de recesión de varias crecidas homogéneas (sin lluvias en recesión, sin derretimiento, similar distribución espacial)



fcfm

CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

SEPARACION DE LAS COMPONENTES DEL HIDROGRAMA

FLUJO BASE (E. SUBTERRANEA Y FLUJO
INTERMEDIO LENTO)

ESCORRENTIA DIRECTA (FLUJO SUPERFICIAL E
INTERMEDIO RÁPIDO)

SE SABE QUE PRECIPITACIÓN EFECTIVA ESTÁ
RELACIONADA DIRECTAMENTE CON HED



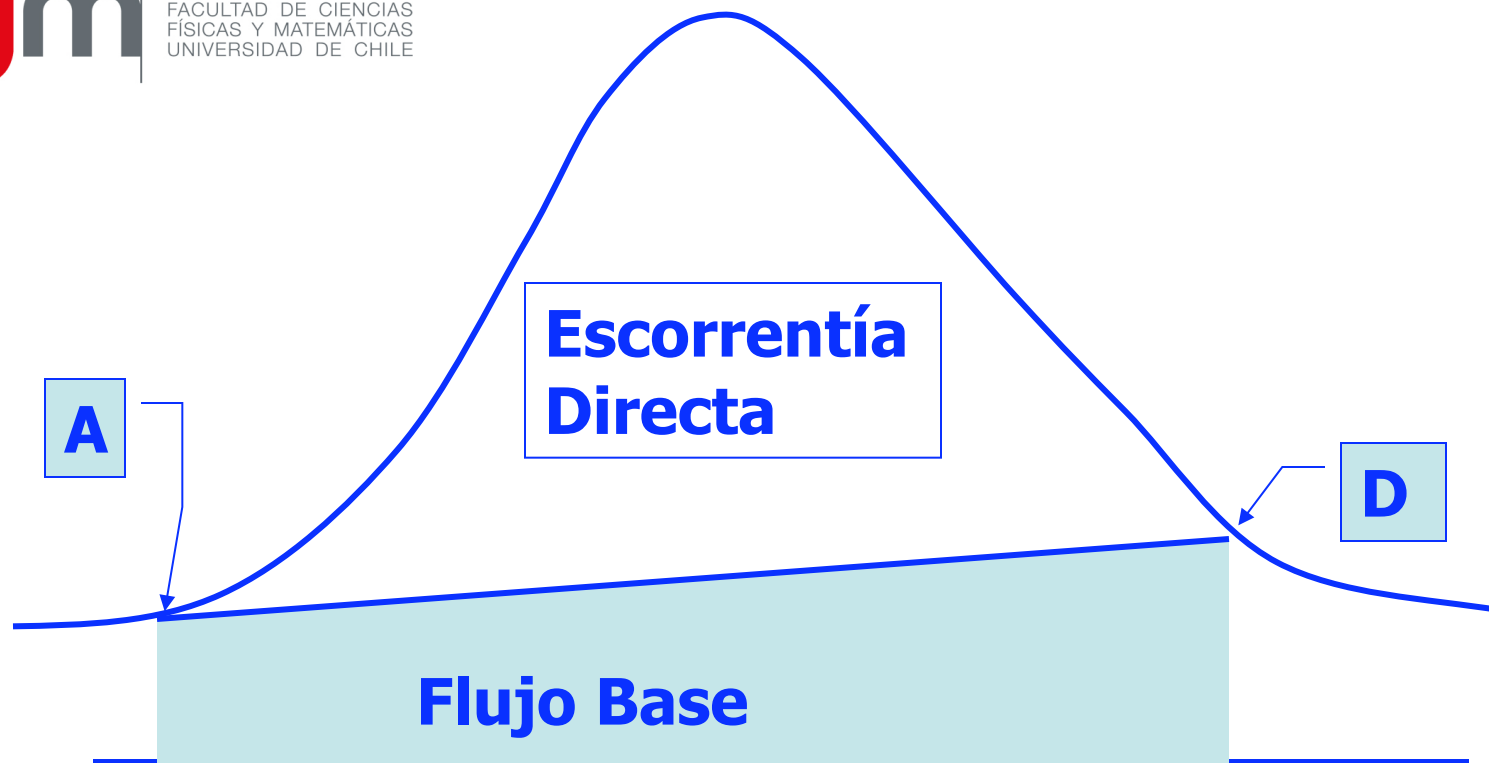
fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



Método de la línea recta

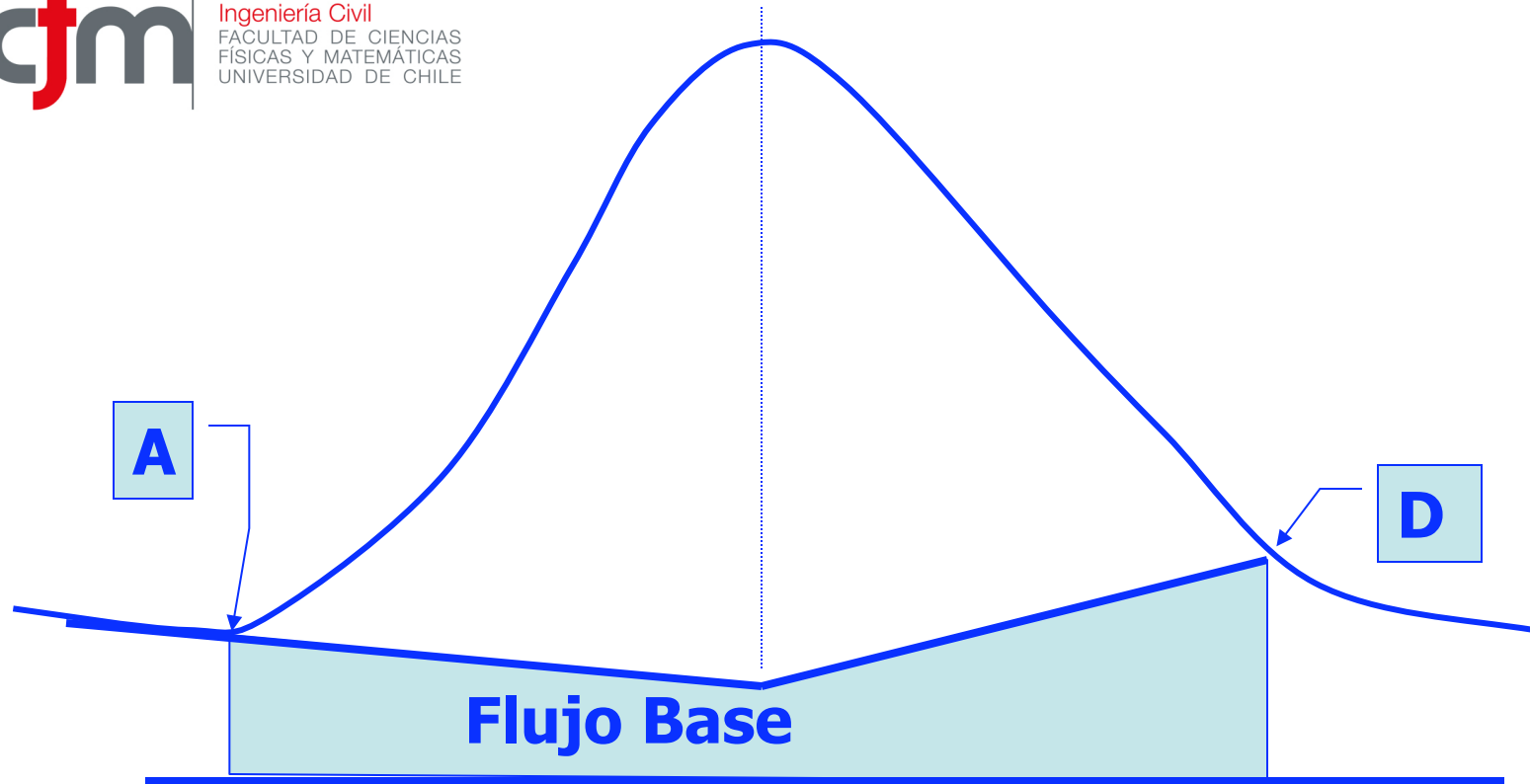


FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



Método de las dos líneas rectas o Base Fija



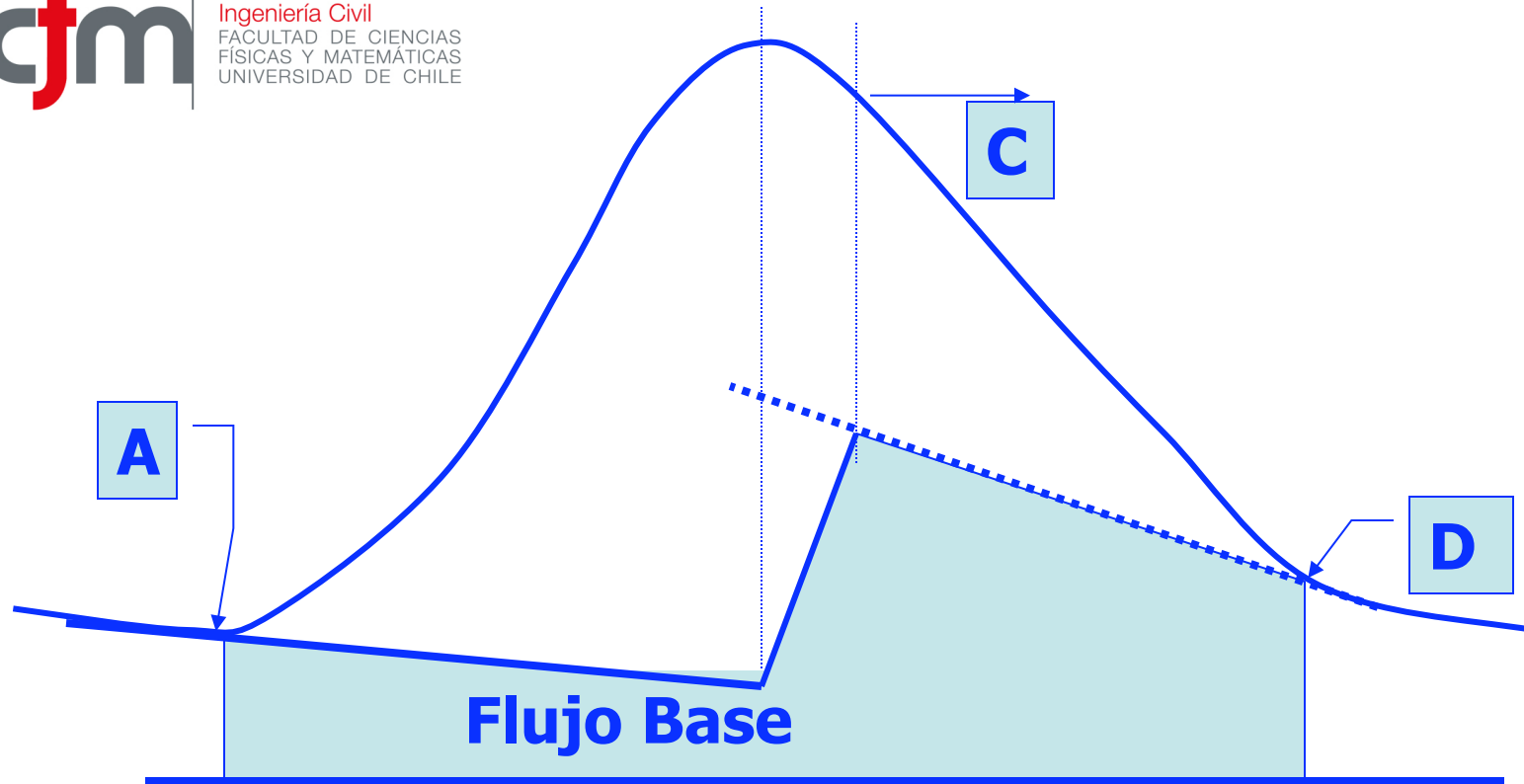
fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



Método de la línea curva o pendiente variable

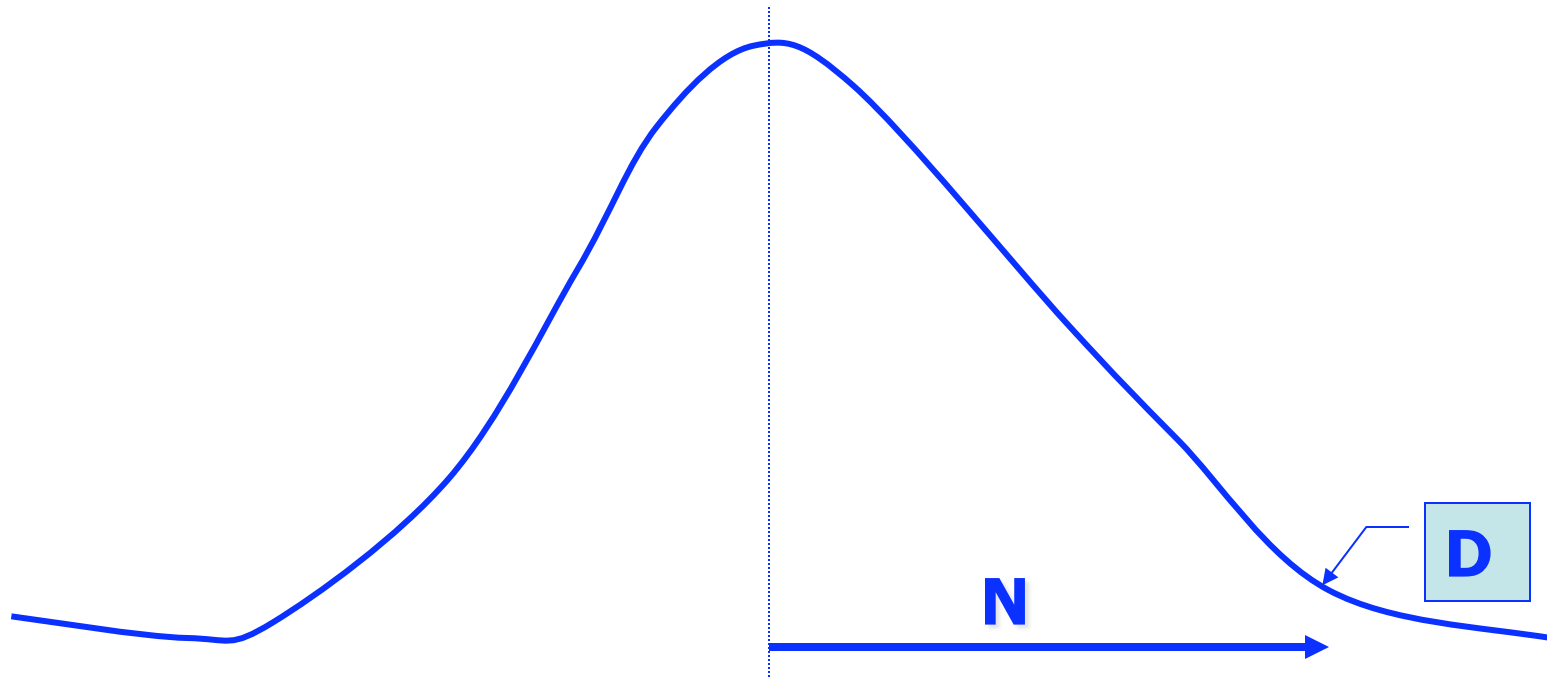


fcfm

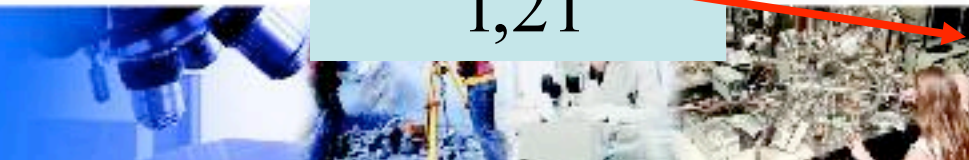
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



Determinación de punto D de inicio de la curva de agotamiento



$$N = \frac{1}{1,21} A^{0,2}$$





fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Método Gráfico

$$Q(t) = Q_0 e^{-Kt'}$$

$$K = \frac{1}{t'} \ln \left(\frac{Q_0}{Q} \right)$$

 **fcfm**



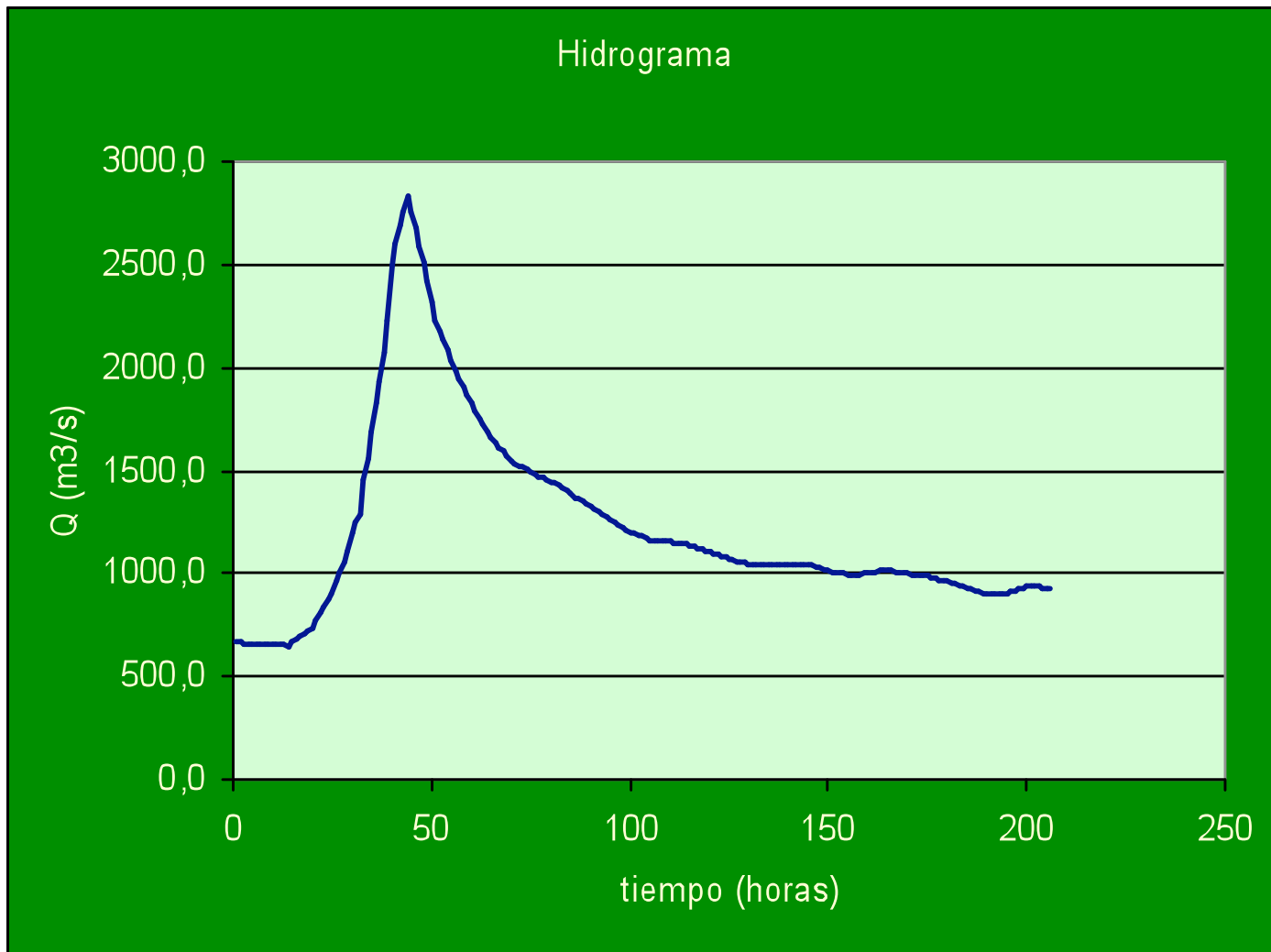
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

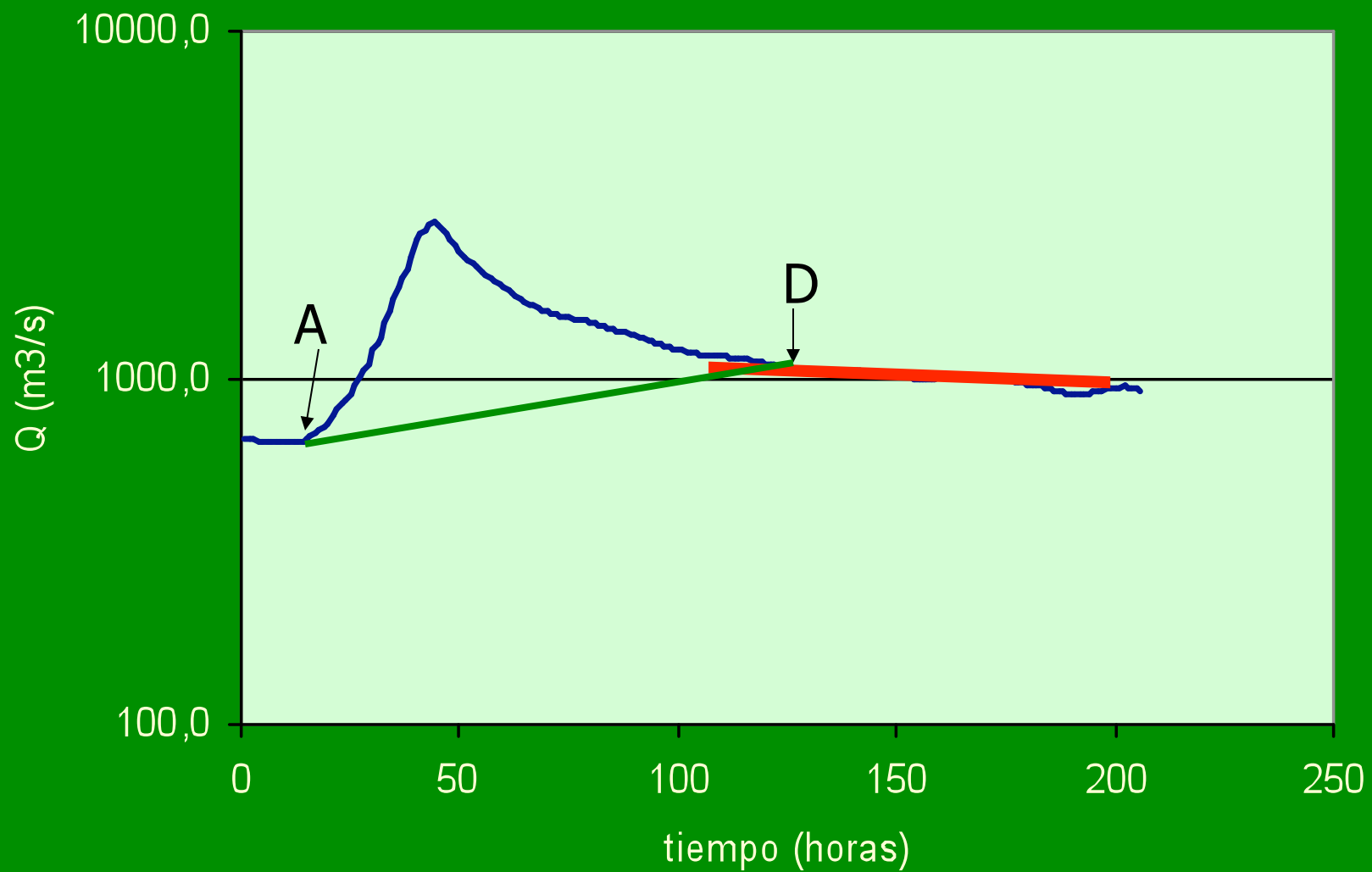
Hidrograma

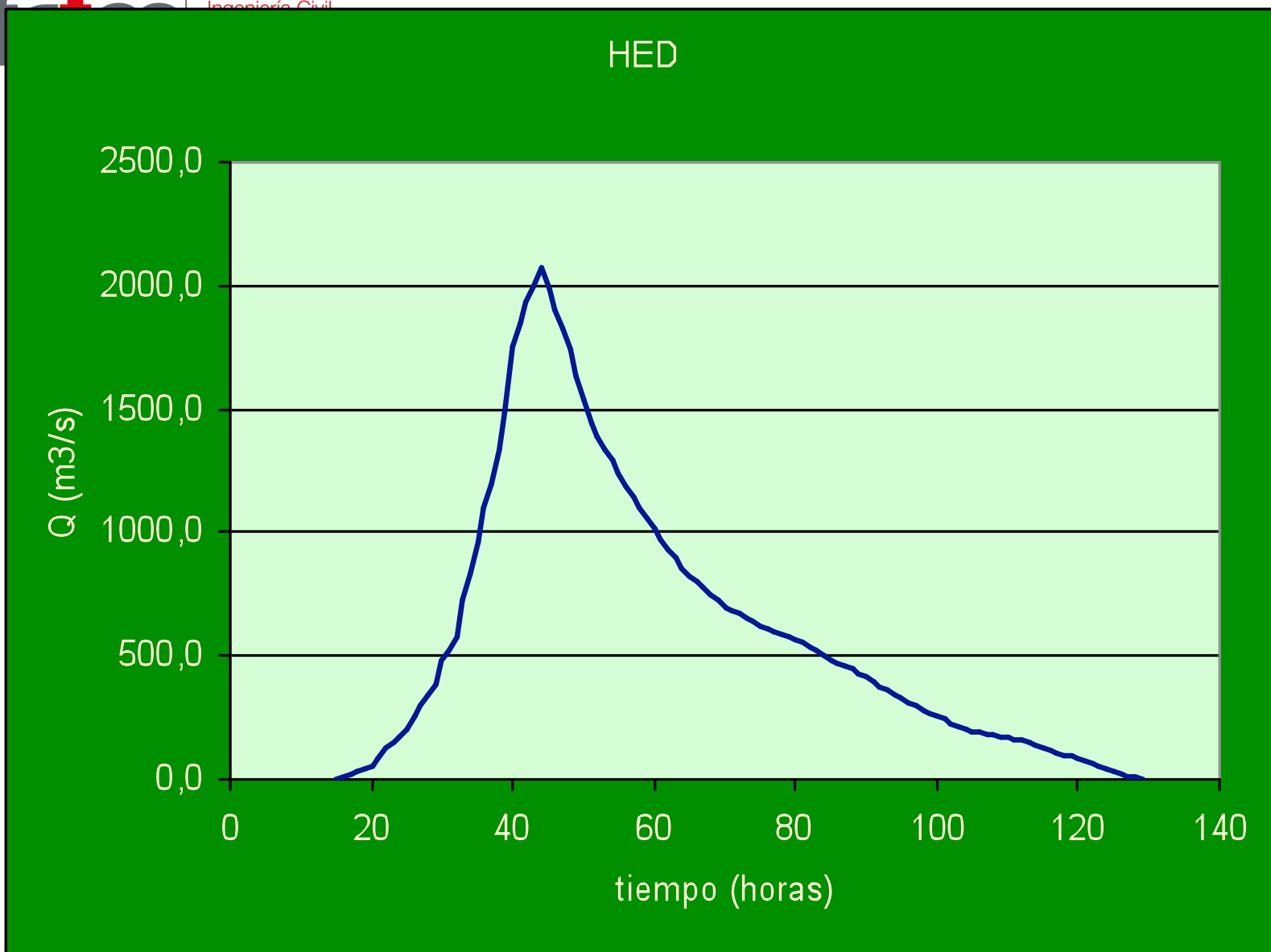


FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



Hidrograma







No existe flujo intermedio rápido.

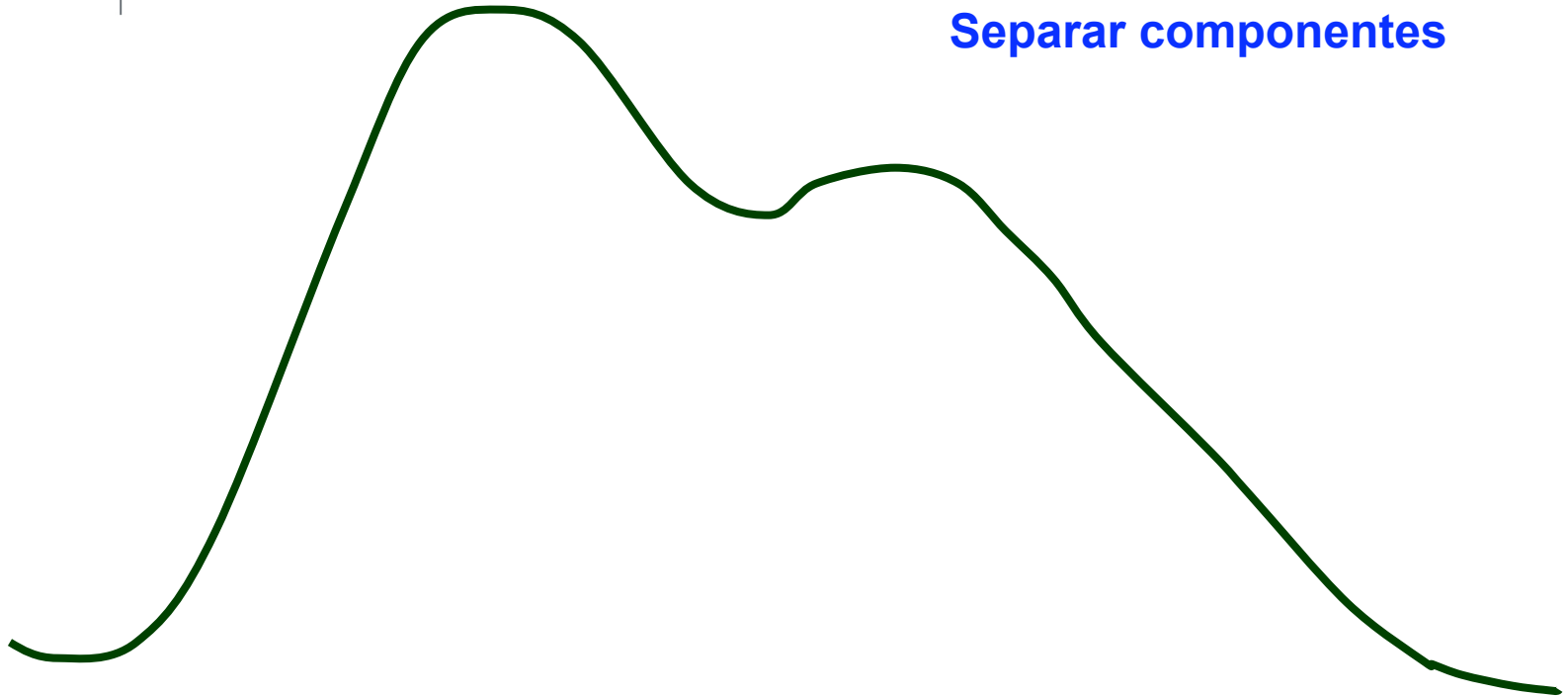




fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Separar componentes



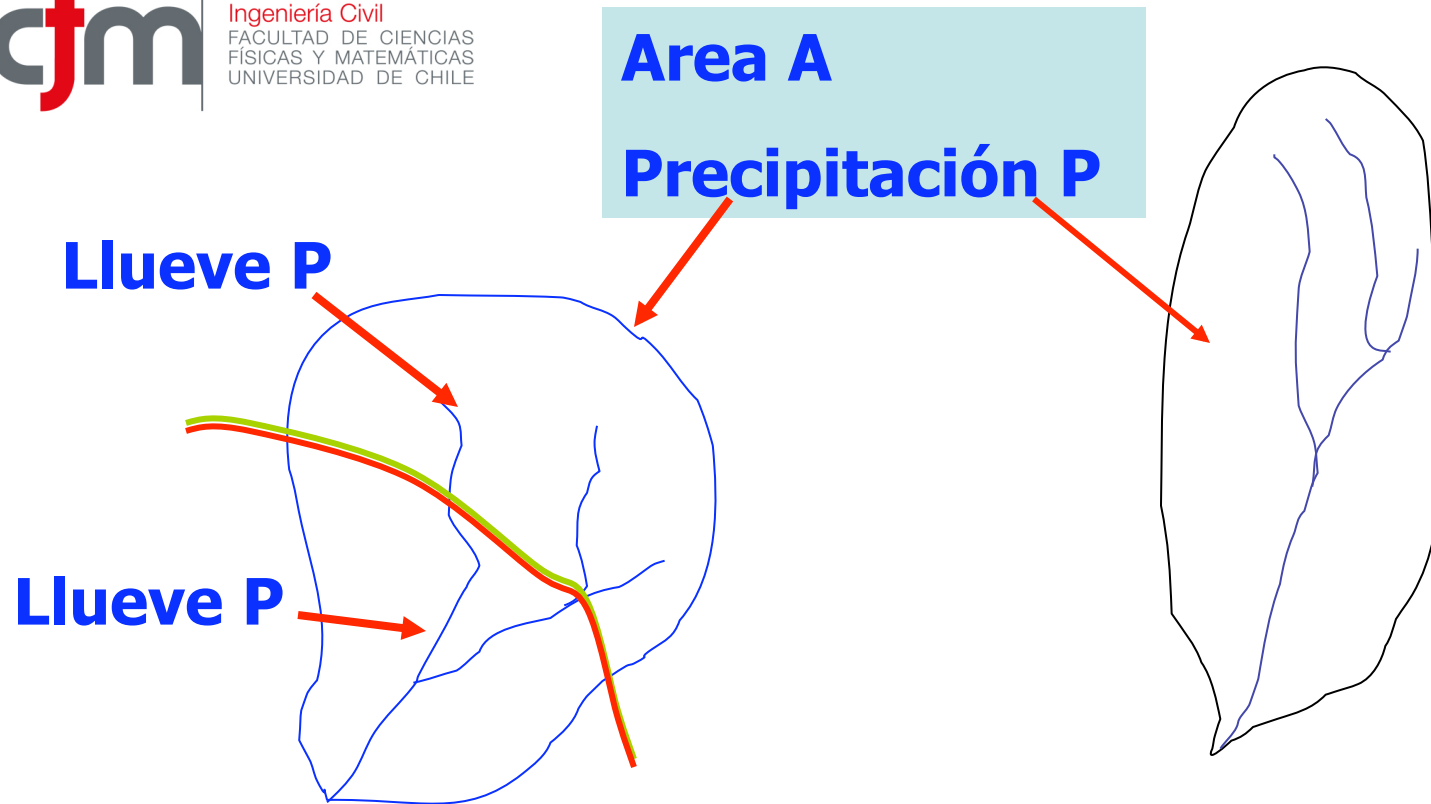
fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



Diferencias de los hidrogramas



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

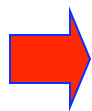


fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

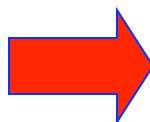
Tiempo de concentración

California



$$t_c = 0,95 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Giandotti



$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}}$$

$$\frac{L}{3,6} \geq t_c \geq \frac{L}{5,4}$$


fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



<http://www.lmnoeng.com/Hydrology/TimeConc.htm>

Lag Method <http://www.hydrocad.net/6166b.htm>

$$T_c = \frac{L}{0,6}$$
$$L = \frac{l^{0,8} (S + 1)^{0,7}}{1900Y^{0,5}}$$

S: almacenamiento potencial de agua en el suelo (CN) (pies)

T_c: tiempo de concentración [horas]
L: tiempo de desfase [horas]
l: longitud hidráulica de la cuenca [pies]
Y: pendiente media de la cuenca [%]

<http://onlinetc.sdsu.edu/kerby.php>



fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

Análisis de Frecuencias

Análisis de Frecuencias Regional

Relaciones Precipitación-Escorrentía

Hidrograma Unitario

Fórmula Racional

Fórmula de Verni y King

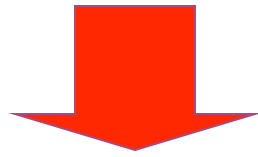

$$Q = ciA$$





Coeficiente de Escorrentía

F(tipo de superficie, Periodo de retorno)



Terrenos Cultivados Terrenos Boscosos

Suelos arenosos o con altas tasas de infiltración

0,2

0,1

Suelos con tasas de infiltración bajas

0,5

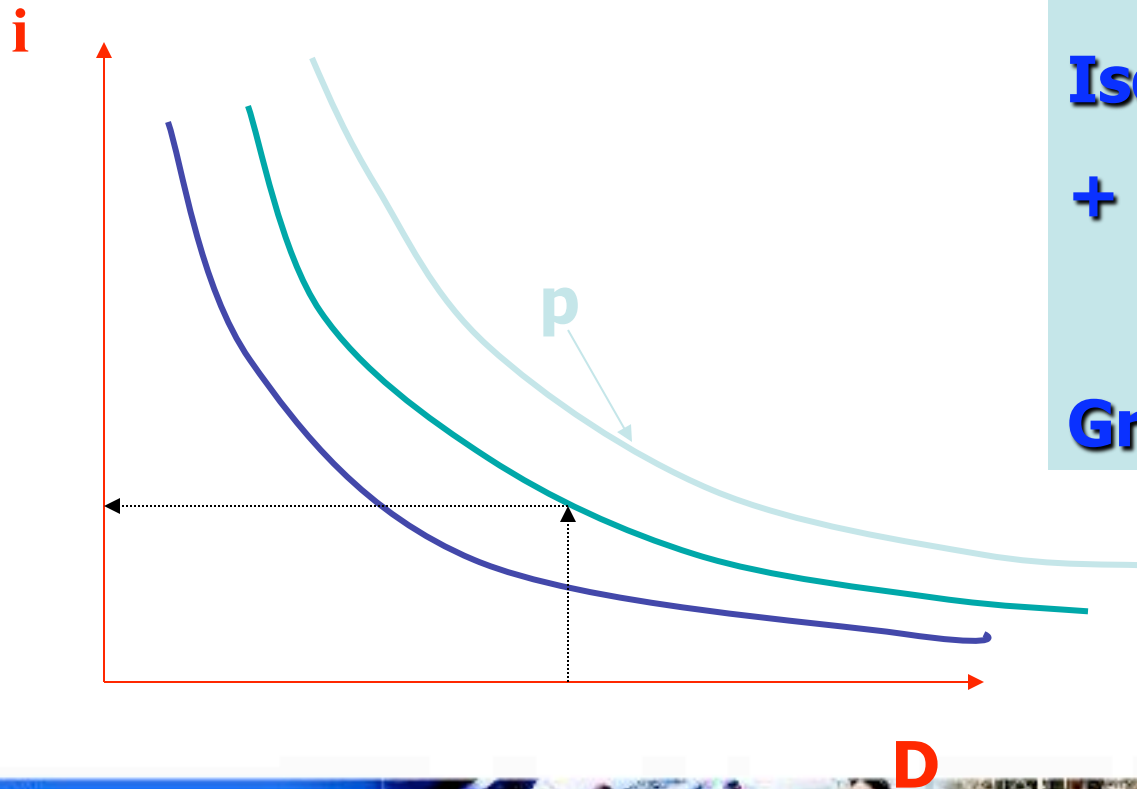
0,4

	2	5	10	25....	100
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	1,00
Bosques	0,31	0,34	0,36	0,40	0,56



fcfm

Intensidad media máxima en $t=t_c$



Curvas IDF

Isoyetas P_{\max} diarias

+ CD y CF

o

Grunsky

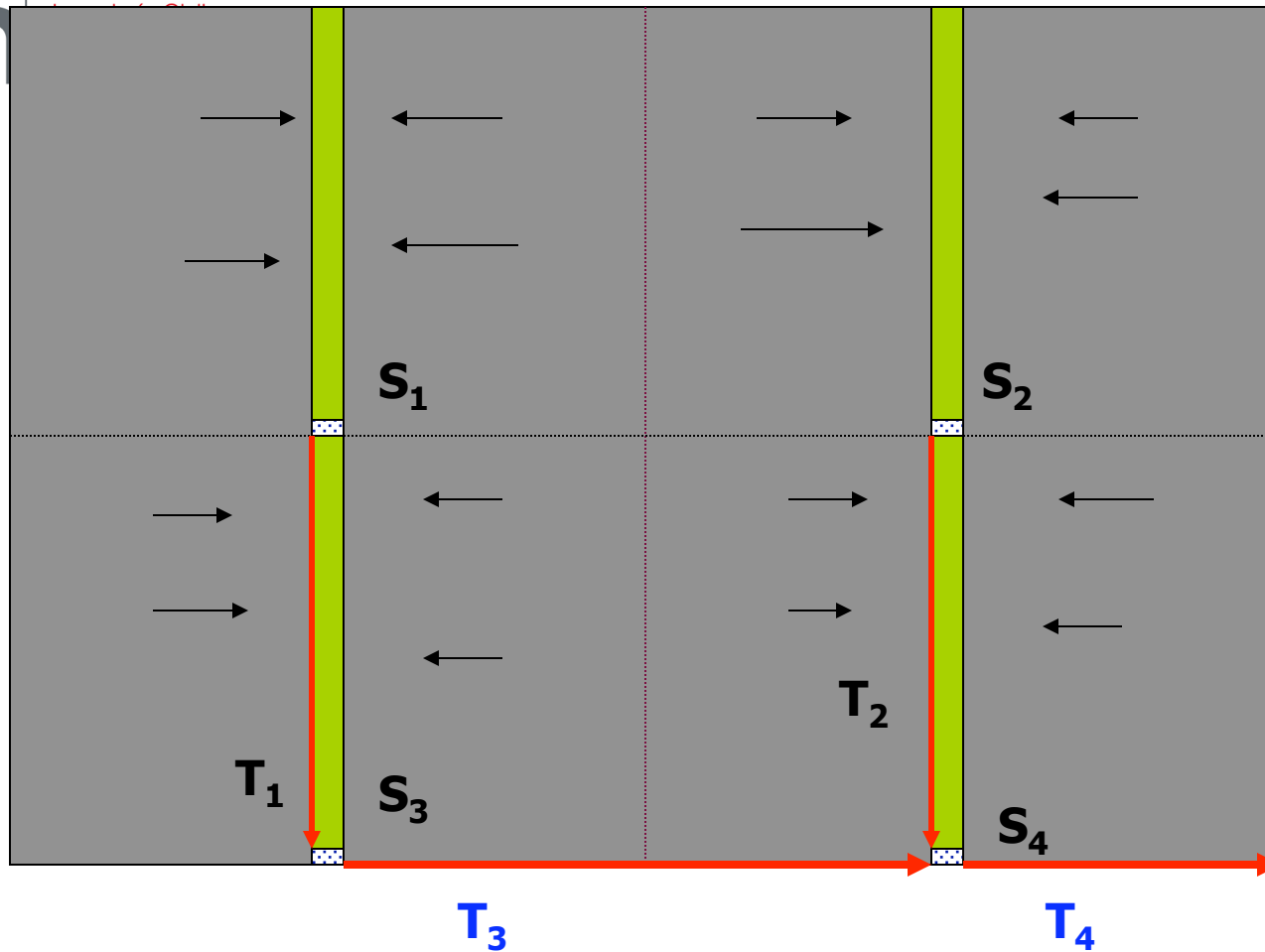


fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



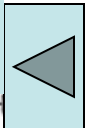
fcfm



$$t_c = t_{\text{entrada}} + t_{\text{flujo}}$$

Manning

T_3 se calcula con i para t_c y $\text{área} = S_1 + S_3$



fcfm

UNIVERSIDAD DE CHILE



fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Fórmula de Verni y King (1977)

$$Q_T = 0,00615 P_{24,T}^{1,24} A^{0,88}$$

Area pluvial aportante

A base de análisis dimensional y con datos de estaciones de nuestro país.

Usar para períodos de retorno de más de 50 años



FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Fórmula racional modificada

Se determina el coeficiente de escorrentía para $T=10$ años según tabla para cada región. (en RM $c=0,29$)

Luego $c(T)/c(10)$ según tabla

Válido para cuencas entre 20 y 10.000 Km²

Fórmula de Verni y King modificada

$$Q_T = c(T) 0,00615 P_{24,T}^{1,24} A^{0,88}$$



FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE





TABLA 5

COEFICIENTE C (T=10 AÑOS)
FORMULA DE VERNI Y KING MODIFICADA

Región	C (T=10 años)
III	0,031
IV - Cuenca Elqui	0,060
IV - Cuenca Limarí	0,230
IV - Cuenca Choapa	0,230
V	0,29
VI	0,68
VII	0,71
VIII	0,79
IX	0,89





TABLA 7
COEFICIENTE (CT=10 AÑOS). FORMULA RACIONAL

Región	C(T=10 años)
III	0,011
IV - Cuenca Elqui	0,021
IV - Cuenca Limarí	0,080
IV - Cuenca Choapa	0,088
V	0,07
VI	0,27
VII	0,37
VIII	0,35
IX	0,26





TABLA 6

COEFICIENTES DE FORMULAS EMPIRICAS

PERIODO RETORNO T(años)	C(T) / C(T=10)								
	III Región	IV Elqui	IV Limarí	IV Choapa	V Región	VI Región	VII Región	VIII Región	IX Región
2	0.84	0.89	0.42	0.33	0.43	0.63	0.88	0.92	1.03
5	0.91	0.95	0.73	0.68	0.85	0.85	0.98	0.98	1.02
10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.10	1.06	1.29	1.38	1.16	1.15	1.01	1.00	0.98
25	1.14	1.10	1.41	1.54	1.25	1.20	1.01	1.00	0.98
50	1.24	1.16	1.71	2.00	1.43	1.33	1.01	1.01	0.97
100	1.36	1.23	2.05	2.56	1.66	1.55	1.00	1.01	0.93

