



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
MERIDA VENEZUELA

Facultad de Ingeniería
Escuela de Civil
Hidrología



INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MÉRIDA VENEZUELA



**ANÁLISIS DE TORMENTAS
(Curvas Área – Profundidad y
Área – Profundidad – Duración)**

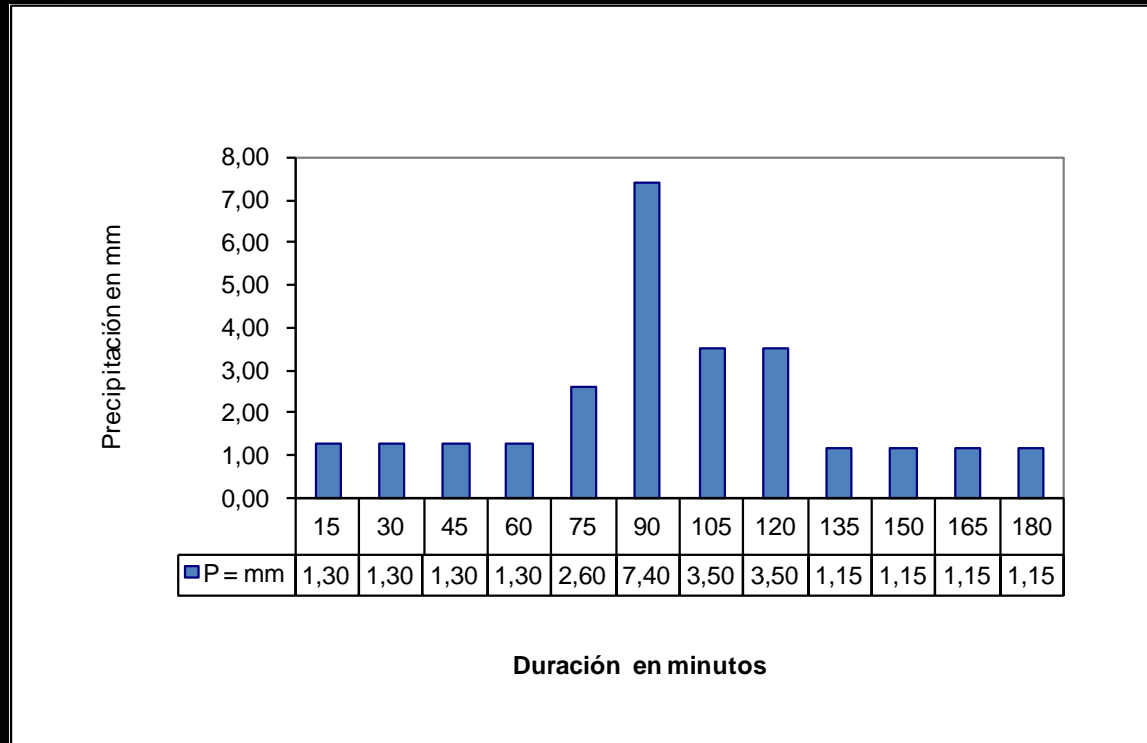
Prof. Ada Moreno

ASPECTOS TEÓRICOS PARA EL ANÁLISIS DE TORMENTAS

Una tormenta se define como el conjunto de lluvias que obedecen al mismo efecto meteorológico y posee características bien definidas (Ramírez, 2003).



ASPECTOS TEÓRICOS PARA EL ANÁLISIS DE TORMENTAS



Duración: Es el tiempo transcurrido desde el inicio de la tormenta hasta que finalice la misma (Ramírez, 2003).

ASPECTOS TEÓRICOS PARA EL ANÁLISIS DE TORMENTAS

Tiempo de concentración de una cuenca: Es el tiempo que tarda una gota de agua en recorrer la distancia comprendida entre el punto más alejado de la cuenca y el punto en consideración (Ramírez, 2003).

Fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0.9545 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

ASPECTOS TEÓRICOS PARA EL ANÁLISIS DE TORMENTAS

Intensidad de lluvia:

Según (Chow *et al.*, 1994) es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo en mm/h ó pulg/h y se expresa comúnmente como:

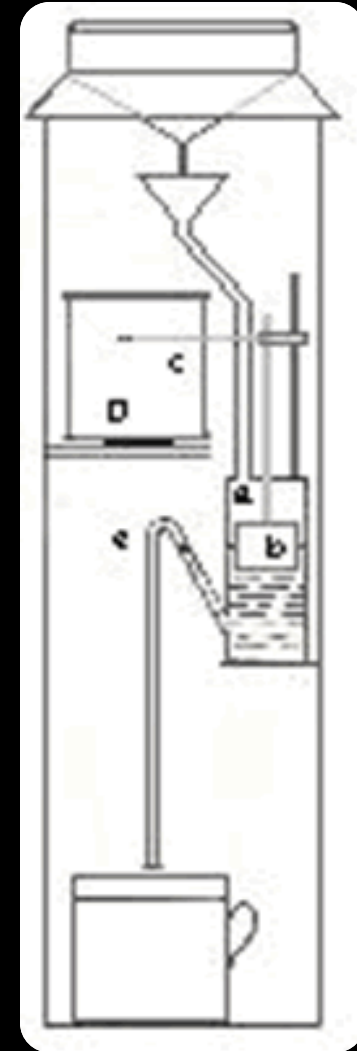
$$I = p/d, \text{ donde}$$

I = es la intensidad

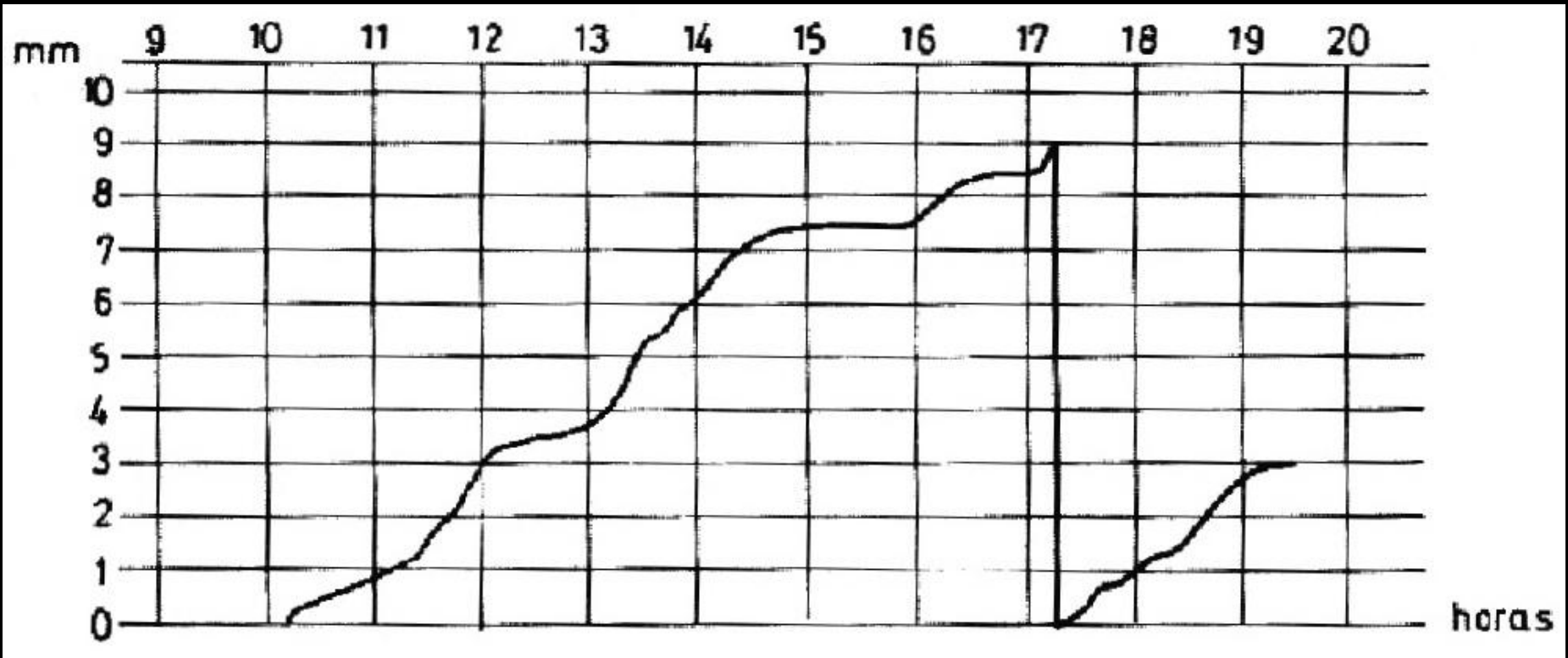
p = es la precipitación o profundidad de lluvia

d = es la duración de la lluvia en horas o minutos

Pluviógrafo de sifón (Tipo Fuess)



Banda de Registro de Precipitación



ASPECTOS TEÓRICOS PARA EL ANÁLISIS DE TORMENTAS

Frecuencia: Es una medida de la probabilidad que tiene un evento de ocurrir, definiéndose como el número de veces en un tiempo relativamente largo en que ocurre un evento (Ramírez, 2003).

$$P(X \geq X_d) = \frac{m}{n + 1}$$

Donde m es el número de orden y n es el número de registros

ASPECTOS TEÓRICOS PARA EL ANÁLISIS DE TORMENTAS

Período de retorno (return period):

El período de retorno se define como, el número de años que transcurren en promedio para que un evento sea igualado o excedido (Linsley *et al*, 1977).

El periodo de retorno, T_r es el inverso de la probabilidad $T_r = 1 / P$.

ASPECTOS TEÓRICOS PARA EL ANÁLISIS DE TORMENTAS

Riesgo Hidrológico:

Es la probabilidad de que en la vida útil de una obra, la capacidad de la misma sea sobrepasada por lo menos una vez (Ramírez, 2003).

$$R = 1 - (1 - p)^N$$

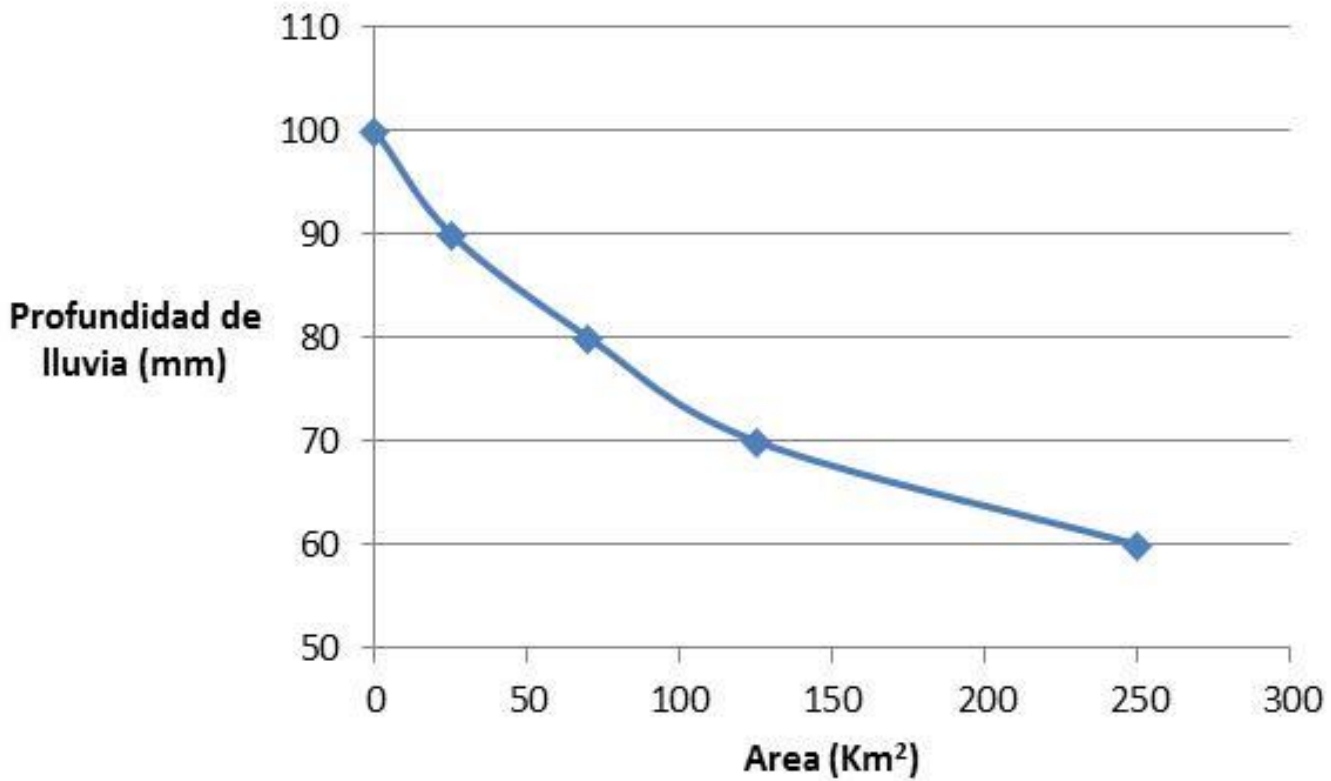
Donde R es el riesgo, p es la probabilidad de falla y N es la vida útil de la obra

ASPECTOS TEÓRICOS PARA EL ANÁLISIS DE TORMENTAS

Análisis de frecuencias de lluvias extremas: El análisis de frecuencia de información hidrológica relaciona los eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia mediante el uso de distribuciones de probabilidad (Chow, et al. 1994)

CURVAS DE TORMENTAS

Curvas Área - Profundidad

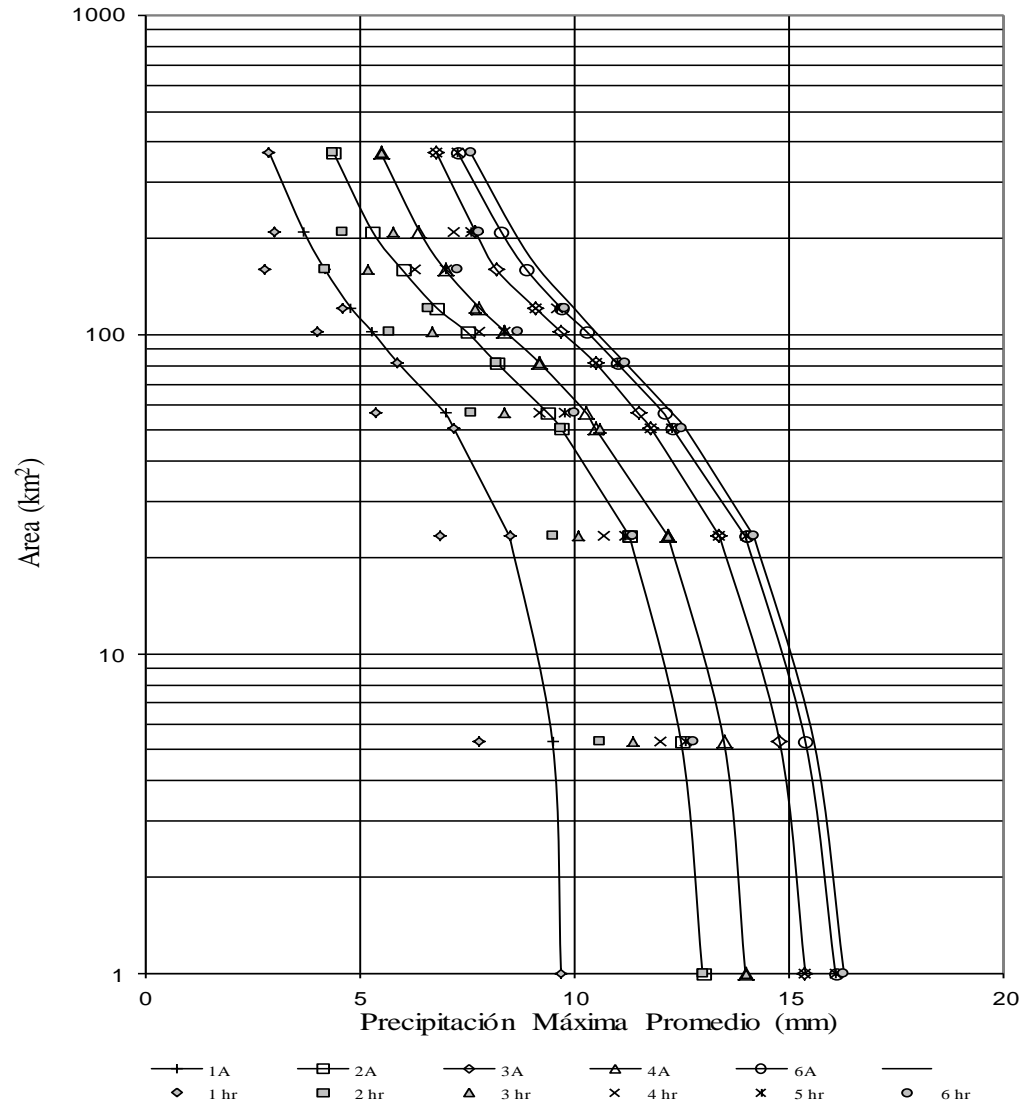


Area (Km^2)

0 20 100 120 500 520 300

CURVAS DE TORMENTAS

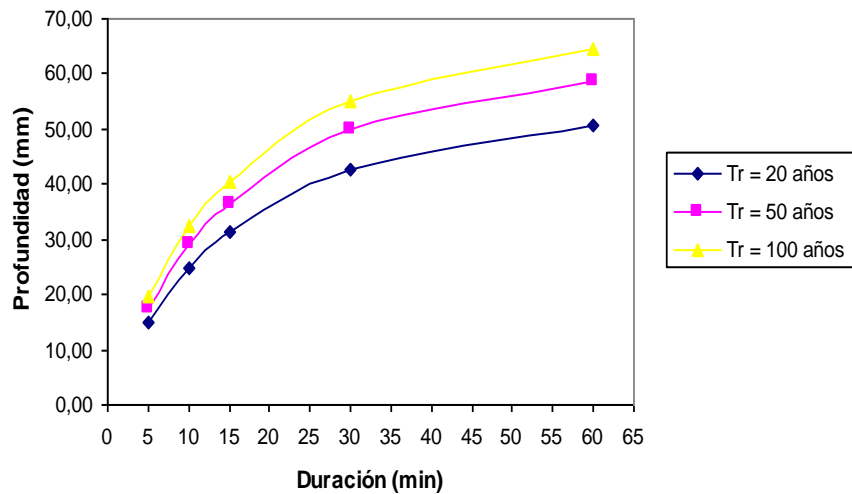
Curvas Área –
Profundidad –
Duración



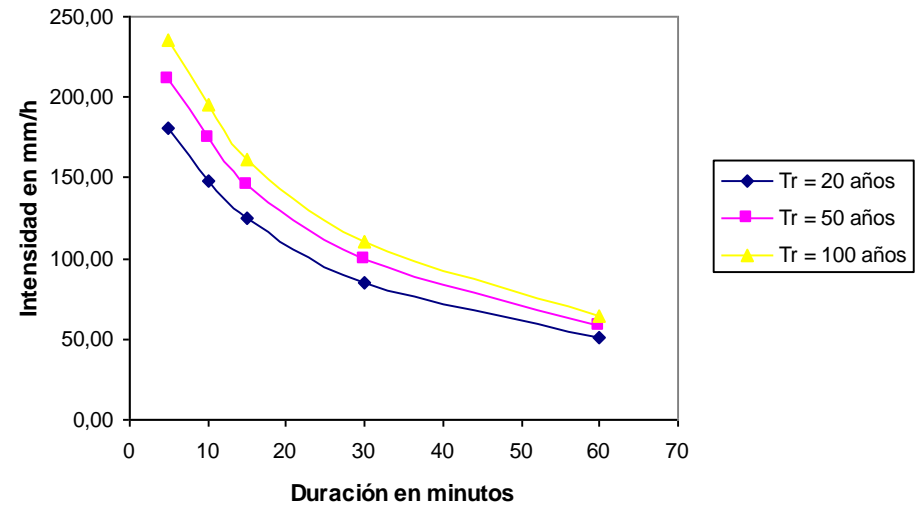
CURVAS DE TORMENTAS

Curvas Profundidad – Duración – Frecuencia e Intensidad – Duración – Frecuencia

CURVAS PROFUNDIDAD DURACIÓN FRECUENCIA (PDF).
Estación San Juan de Lagunillas (3170)



CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN FRECUENCIA (IDF).
Estación San Juan de Lagunillas (3170)



Análisis de Tormentas

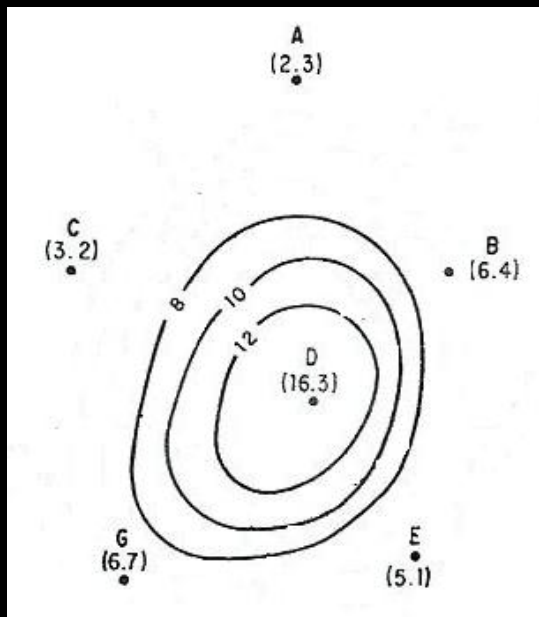


Tabla 1 Lluvia acumulada, en mm, para la tormenta ocurrida el 26-08-71

Estación	Horas					
	1	2	3	4	5	6
	13	14	15	16	17	18
A	0,4	1,0	1,8	2,0	2,1	2,3
B	1,6	2,6	4,0	5,9	6,2	6,4
C	0,5	1,2	2,0	2,8	3,1	3,2
D	3,3	13,0	14,0	15,4	16,1	16,3
E	0,3	1,4	2,8	4,0	4,8	5,1
G	1,7	2,7	4,2	6,2	6,5	6,7

Conceptos básicos de hidrología de eventos

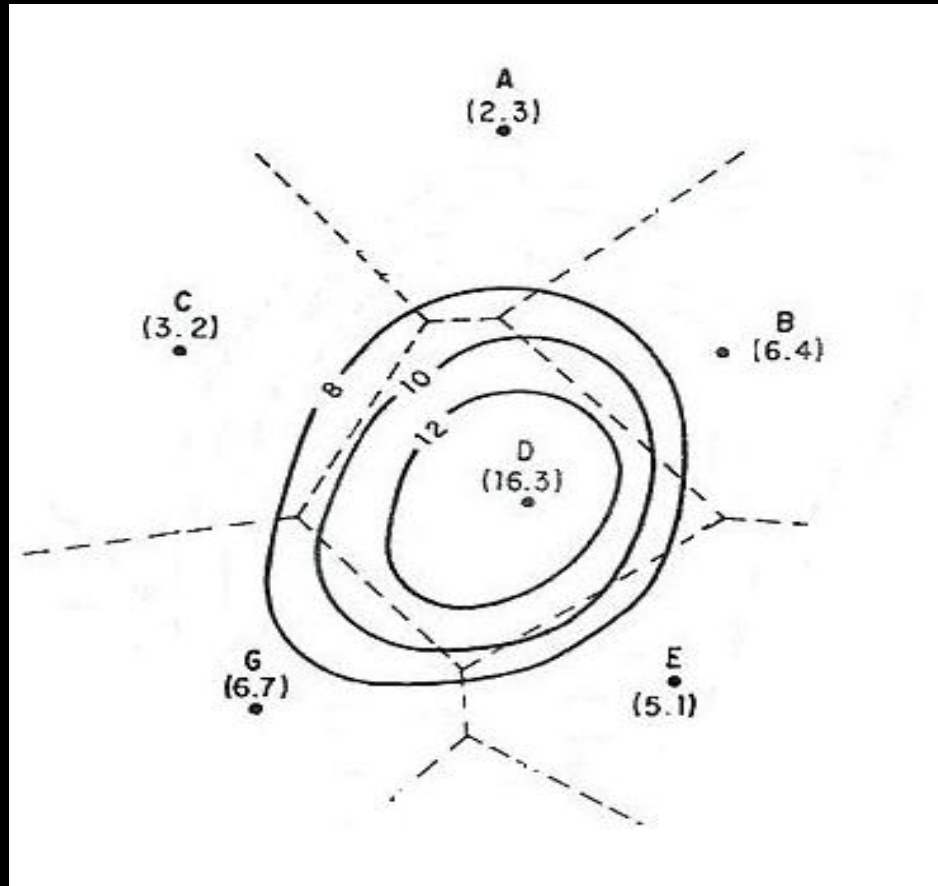
Análisis de Tormentas

Tabla 2 Cálculo de la profundidad promedio para las diferentes áreas del mapa isoyético de la Figura 1.

Centro de lluvia o zona	<u>Isoyeta</u> (mm)	<u>Area Encerrada</u> (km ²)	<u>Area Neta</u> (km ²)	Lluvia Promedio (mm)	<u>Area x lluvia Promedio</u>		Lluvia media sobre el área
					Incremento	<u>Acumul.</u>	
1	2	3	4	5	6 = 4 x 5	7	8 = 7 ÷ 3
I	16,3	0	Estación	D		0	16,3
			23,3	14,2	330,9	330,9	14,2
	12,0	23,3	27,5	11,0	302,5	633,4	12,5
	10,0	50,8	30,6	9,0	275,4	908,8	11,2
	8,0	81,4					

Conceptos básicos de hidrología de eventos

Análisis de Tormentas

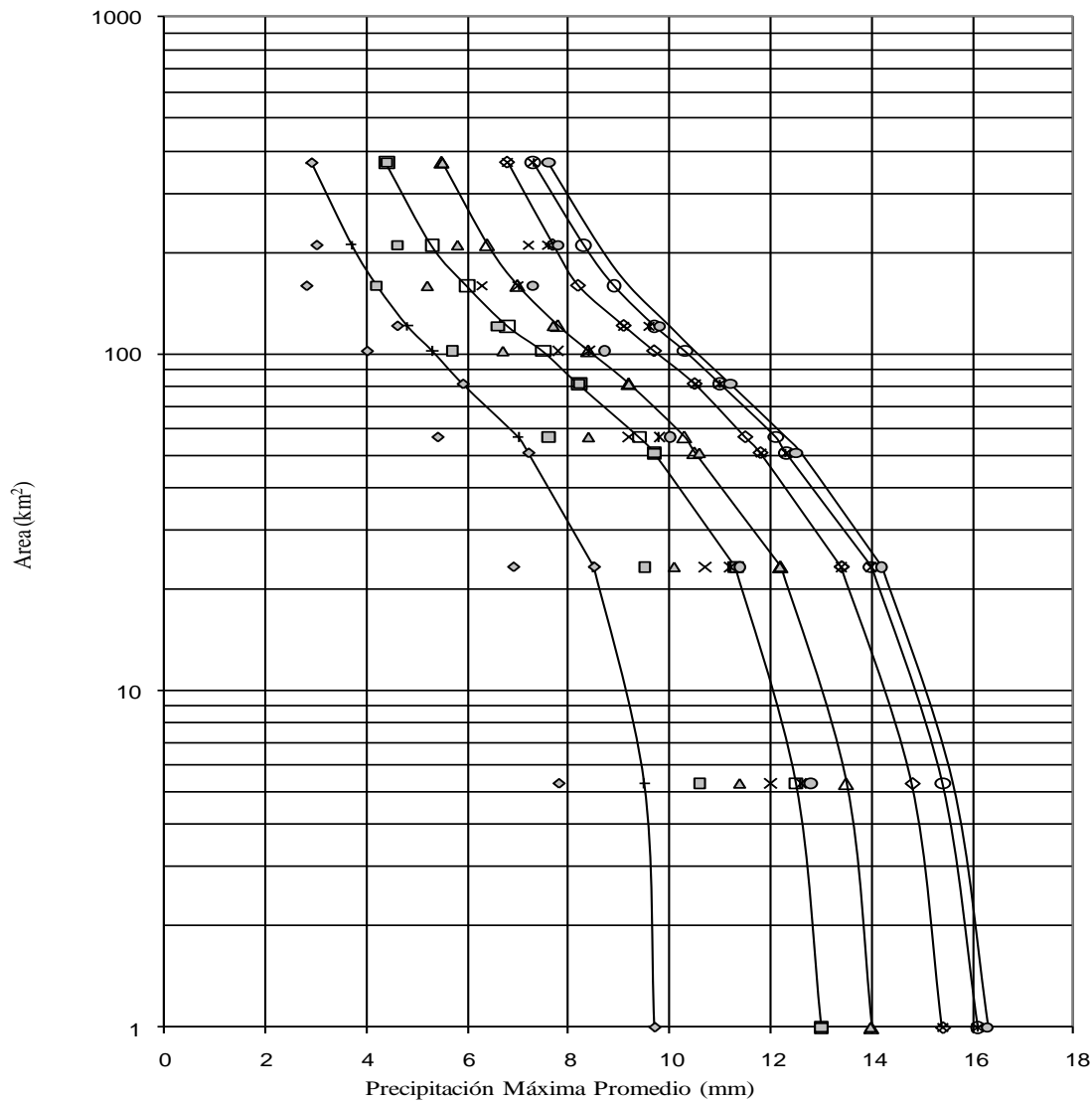


Fuente: Duque, 2010.

Tabla 3 Cálculo de la precipitación máxima para las diferentes duraciones y cada área

Centro de Tormenta	Estación	Isoveta envolvente			% de Influencia	Precipitación (mm)						
		Valor (mm)	Lluvia (mm)	Área (Km ²)		Tiempo (horas)						
						1	2	3	4	5	6	
1	D	12	14,2	23,3	100,0	3,3	13,0	14,0	15,4	16,1	16,3	
	Pre. Acum.					3,3	13,0	14,0	15,4	16,1	16,3	
	Pre. Ajust.					2,9	11,3	12,2	13,4	14,0	14,2	
	D. Pre.					2,9	8,5	0,9	1,2	0,6	0,2	
	Pre. Máx.					8,4	11,3	12,2	13,4	14,0	14,2	
1	B	10	12,5	50,8	6,0	0,1	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	
	D					88,5	2,9	11,5	12,4	13,6	14,2	14,4
	G					5,5	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4
	Pre. Acum.					3,1	11,8	12,8	14,3	15,0	15,2	
	Pre. Ajust.					2,5	9,8	10,5	11,8	12,3	12,5	
D. Pre.	2,5	7,3	0,7	1,3	0,5	0,2						
Pre. Máx.	7,3	9,8	10,5	11,8	12,3	12,5						
1	A	8	11,2	81,4	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	B					10,6	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,7
	C					7,5	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
	D					63,5	2,1	8,3	8,9	10,0	10,2	10,4
	E					4,4	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
G	12,0	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	0,8					
Pre. Acum.	2,5	9,1	10,1	11,7	12,1	12,3						
Pre. Ajust.	2,3	8,3	9,2	10,7	11,0	11,2						
D. Pre.	2,3	6,0	0,9	1,5	0,3	0,2						
Pre. Máx.	6,0	8,3	9,2	10,7	11,0	11,2						

Curvas Area-Profundidad-Duración



Fuente: Duque, 2010.

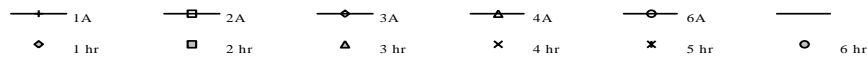
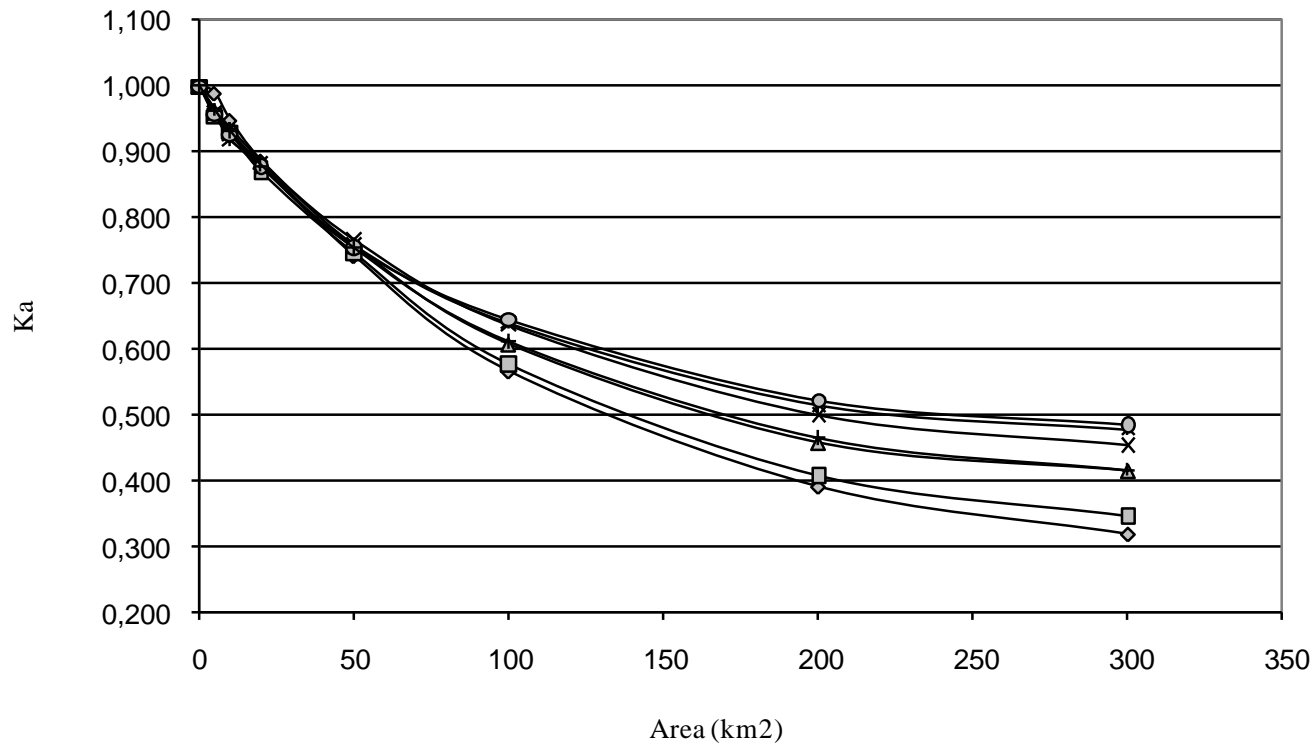


Tabla 5 Máxima profundidad promedio de lluvia en mm

Area en Km ²	Duración en horas					
	1	2	3	4	5	6
0	9,7	13,0	14,0	15,4	16,1	16,3
5	9,6	12,4	13,5	14,8	15,4	15,6
10	9,2	12,1	13,1	14,3	14,8	15,1
20	8,6	11,3	12,4	13,6	14,1	14,3
50	7,2	9,7	10,6	11,8	12,2	12,3
100	5,5	7,5	8,5	9,8	10,3	10,5
200	3,8	5,3	6,4	7,7	8,3	8,5
300	3,1	4,5	5,8	7,0	7,7	7,9



Fuente: Duque, 2010.

GRACIAS

REFERENCIAS CITADAS

- Chow, V., Maidment, D., y Mays, L. 1994. **Hidrología aplicada**. Mc-Graw Hill. Santa Fé de Bogotá. 584 p.
- Duque , R. 2010 Análisis de Tormentas. Curso de Simulación Paramétrica. CIDIAT. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. 31 p.
- Linsley, R., Kohler, M., y Paulhus, J. 1977. **Hidrología para ingenieros**. Mc Graw - Hill. New York. 386 p.
- Ramírez, M. 2003. **Hidrología Aplicada**. Facultad de Ingeniería. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. 6-105 p.