



20j  
119  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**Comparación de Métodos para  
Cálculo de Aguas Pluviales**

**- T E S I S -**

Que para obtener el título de:

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA**

**Virgilio Alfonso López Posada**

**México, D. F.**

**1983.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E

- I INTRODUCCION.
  - 1.1. Generalidades de la Zona en Estudio.
  - 1.2. Parámetros de Cálculo.
  
- II CALCULO DEL GASTO PLUVIAL POR EL METODO RACIONAL AMERICANO.
  - II.1. Fundamentos del Método.
  - II.2. Metodología y Aplicación a la Zona en Estudio.
  
- III CALCULO DEL GASTO PLUVIAL POR EL METODO BURKLI- - ZIEGLER.
  - III.1. Fundamentos del Método.
  - III.2. Metodología y Aplicación a la Zona en Estudio.
  
- IV CALCULO DEL GASTO PLUVIAL POR EL METODO RACIONAL - GRAFICO ALEMAN.
  - IV.1. Fundamentos del Método.
  - IV.2. Metodología y Aplicación a la Zona en Estudio.
  
- V CALCULO DEL GASTO PLUVIAL POR EL METODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO PARCIAL.
  - V.1. Fundamentos del Método.
  - V.2. Metodología y Aplicación a la Zona en Estudio.

VI APLICACION DE LOS METODOS A UNA MISMA AVENIDA

VI.1. Método Hidrograma Unitario Parcial.

VI.2. Método Racional Americano.

VI.3. Método Racional Gráfico Alemán.

VII CONCLUSIONES.

COMPARACION DE METODOS PARA CALCULO DE AGUAS PLUVIALES

- I INTRODUCCION.
- II CALCULO DEL GASTO PLUVIAL POR EL METODO RACIONAL AMERICANO.
- III CALCULO DEL GASTO PLUVIAL POR EL METODO BURKLI-ZIEGLER.
- IV CALCULO DEL GASTO PLUVIAL POR EL METODO RACIONAL GRAFICO ALEMAN.
- V CALCULO DEL GASTO PLUVIAL POR EL METODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO PARCIAL.
- VI APLICACION DE LOS METODOS A UNA MISMA AVENIDA.
- VII CONCLUSIONES.

## I INTRODUCCION

Los hidrólogos han estudiado una serie de métodos para relacionar la precipitación pluvial con el escurrimiento, que bien pueden aplicarse para conocer el comportamiento hidráulico en atarjeas y colectores de áreas urbanas. En este trabajo se presentan algunos métodos para obtener el escurrimiento con los objetivos siguientes:

- a) Comparación de los resultados por los diferentes métodos.
- b) Dar a conocer la Metodología para aplicar el Método del Hidrograma Parcial Unitario en cuencas urbanas.
- c) Presentación del Método Gráfico Alemán con la variante de resolverlo analíticamente en cuencas urbanas.

### I.1. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO.

La zona motivo de este proyecto, se localiza al Sureste de la Cd. de México dentro de la Delegación política de Tláhuac, colindando al norte con la carretera Tlaltenco a la México-Puebla, al sur con la Colonia San José, al este con la Zona de Cultivo y al oeste, con la Colonia Selene.

La topografía de la zona es con poca pendiente y con la planimetría definida.

La planeación del escurrimiento es hacia el este de la Colonia, siguiendo la pendiente del terreno, a un colector-

que está en la Av. Revolución. ( Ver plano anexo).

## I.2. PARAMETROS DE CALCULO.

### 1.2.1. Consideraciones para el cálculo del Coeficiente de Escurrimiento (C).

El Coeficiente de Escurrimiento (C) es la relación que existe entre el escurrimiento y la lluvia, por lo tanto raras veces tiene el valor de la unidad. El escurrimiento se reduce por la evaporación, almacenamiento del agua en depresiones, permeabilidad del suelo y humedad de la superficie, los cuales varían con el tiempo de duración de la lluvia ( $T_d$ ). En general el valor del coeficiente de escurrimiento (C) se puede suponer de dos formas:

- a) Que es Constante.- Cuando el Coeficiente de Escurrimiento (C) se considera constante se puede valorar haciendo un promedio pesado de las áreas, según el tipo de superficie, con los siguientes coeficientes:

Cubiertas metálicas o teja vidriada.	0.95
Cubiertas con teja ordinaria e impermeabilizante.	0.90
Pavimentos asfálticos en buenas condiciones.	0.85 a 0.90
Pavimentos de concreto.	0.80 a 0.85
Empedrados (Juntas pequeñas)	0.75 a 0.80
Empedrados (Juntas ordinarias)	0.40 a 0.50
Superficies no pavimentadas.	0.10 a 0.30
Parques y Jardines	0.05 a 0.25

Considerando áreas en conjunto de una zona por drenar, se pueden fijar valores medios del coeficiente de escurrimiento (C) para diseños que no requieran un ajuste preciso de este coeficiente.

Zonas comerciales y densamente construidas.	0.70 a 0.90
Zona comercial.	0.60 a 0.85
Zona industrial.	0.50 a 0.80
Zona residencial con departamentos	0.50 a 0.70
Residencial con casas.	0.25 a 0.50
Parques.	0.05 a 0.25
Suburbios no desarrollados total - mente.	0.10 a 0.25

- b) Que es variable.- Para este caso se pueden utilizar fórmulas como las siguientes:

La desarrollada por Horner:

$$C = 0.364 \log T_d + 0.0042 P - 0.145$$

Donde:

$T_d$  = Tiempo de duración de la lluvia en minutos.

P = Porcentaje del área impermeable.

La desarrollada por Hoad:

$$C = \frac{T_d}{T_d + 8} \quad \text{Para áreas impermeables}$$



$$C = \frac{0.5 T_d}{T_d + 15} \quad \text{Para áreas poco impermeables}$$

$$C = \frac{0.3 T_d}{T_d + 20} \quad \text{Para áreas arenosas}$$

$$C = X \frac{T_d}{T_d + 8} + (1-X) \frac{0.5 T_d}{T_d + 15} \quad \text{Para áreas urbanas}$$

Donde:

C = Coeficiente de escurrimiento

$T_d$  = Tiempo de duración de lluvia en minutos

X = Porcentaje del área que es impermeable.

La duración de la tormenta tiene otro efecto sobre el escurrimiento, que consiste en que si la duración de la tormenta que causa condiciones de gasto máximo, es menor que el tiempo requerido por el agua para escurrir del punto más distante del área por drenar al punto en estudio o en donde se esté calculando el gasto, éste puede llegar antes de que toda el área drenada esté contribuyendo en el caudal.

### 1.2.2. Coeficiente de Distribución de Lluvia.

Los datos que existen respecto a la distribución de las lluvias en un área drenada, son muy pocos y no se les puede considerar como definitivos.

Los estudios de Marton indican que para áreas pequeñas, el coeficiente de distribución es prácticamente la unidad. - Para áreas del orden de 400 Has. tiene un valor de 0.95, - para áreas del orden de 1000-Has el valor es de 0.90 y - para áreas de 2000 Has. es de 0.85, para duraciones de lluvia de 60 minutos.

### 1.2.3. Cálculo de la Intensidad (i)

Para calcular la intensidad de la lluvia en la zona se consultaron los datos de la estación pluviográfica Iztapalapa, que está próxima al área en estudio, en la cual se obtuvo la ecuación de Intensidad-Duración-Período de Retorno que es la siguiente:

$$i = \frac{\alpha}{T_d + B}$$

Donde:

i = Intensidad de lluvia en mm/hr.

$T_d$  = Tiempo de duración de lluvia en minutos

$\alpha$  y B = Valores que varían de acuerdo al período de retorno lluvia en años.

Período de Retorno (años)	$\alpha$	B
3	186.4	11.2
5	226.0	12.6
10	276.1	14.1
15	304.5	14.7

20	324.4	15.2
25	339.8	15.5
30	387.2	16.3

Para asegurar que toda el área de la cuenca está contribuyendo y ocurra el escurrimiento máximo el tiempo de duración de lluvia ( $T_d$ ) se iguala al tiempo de concentración de la cuenca ( $T_c$ ).

El Tiempo de Concentración ( $T_c$ ) se calcula sumando el Tiempo de entrada ( $T_e$ ) (o sea el tiempo que tarda la lluvia en entrar al tubo de drenaje) y el Tiempo de tránsito ( $T_s$ ) (o sea el tiempo que tarda el agua en recorrer la tubería, hasta el punto de diseño).

$$T_c = T_e + T_s$$

El Tiempo de Entrada ( $T_e$ ) es el tiempo que tarda teóricamente en escurrir una gota, desde el punto más alejado del área de influencia hasta la primer coladera; como no es posible conocerlo con exactitud se selecciona de acuerdo a las características del área por drenar.

10 minutos para áreas comerciales.

20 minutos para zonas residenciales y colectores.

Otra manera de calcular el Tiempo de Entrada ( $T_e$ ) es por la fórmula que a continuación se anota:

$$T_e = 6.9116 \frac{L^{0.6} n^{0.6}}{(C_i)^{0.4} S^{0.3}}$$

Donde:

$T_e$  = Tiempo de entrada en minutos.

$L$  = Longitud superficial del escurrimiento en metros.

$C_i$  = Exceso de intensidad de precipitación (mm/hr),  
que es el resultado de multiplicar la intensidad  
de lluvia y su respectivo coeficiente de escurri-  
miento calculado con el método de Hoad.

$n$  = Coeficiente de rugosidad de Manning.

$S$  = Pendiente superficial en metros.

El Tiempo de Tránsito ( $T_s$ ) se calcula con la siguiente fórmu-  
la:

$$T_s = \frac{L}{60 V}$$

Donde:

$T_s$  = Tiempo de tránsito en la tubería en minutos.

$L$  = Longitud del tramo de tubería en metros.

$V$  = Velocidad media del agua en la tubería (m/seg).

Como la velocidad media del agua no se puede establecer a -  
priori se pueden hacer tanteos y suponer una de acuerdo a la  
pendiente del terreno, la cual está sujeta a revisión.

## II CALCULO DEL GASTO PLUVIAL POR EL METODO RACIONAL AMERICANO.

### II.1. FUNDAMENTOS.

Este método consiste en aplicar la fórmula axiomática expresada como sigue:

$$Q = 27.78 CiA.$$

Donde:

- Q = Gasto en l/s
- C = Coeficiente de escurrimiento
- I = Intensidad de lluvia (cm/hr)
- A = Area por drenar ( $H_A$ )

### II.2. METODOLOGIA Y APLICACION A LA ZONA EN ESTUDIO.

Para aplicar el método a una cuenca, es conveniente utilizar una tabla de cálculo que a continuación se describe y se hace el cálculo del 1er. renglón ( Véase Tabla No. 1)

Columna 1 y 2.- Se indica el tramo en estudio mediante el número de los pozos que lo limitan.

Columnas 3, 4, 5.- Se indican, en metros, la longitud propia, tributaria y acumulada en el tramo.

Columnas 6, 7, 8.- Se indican en hectáreas, el área propia, tributaria y acumulada en el tramo.

Columnas 9, 10, 11.- Se indican en minutos el tiempo de escurrimiento superficial ( $T_e$ ), el tiempo de escurrimiento en el sistema ( $T_s$ ) y el tiempo de concentración. A continuación se calculan sus valores.

Para hacer más congruente la comparación de los métodos el Tiempo de Escurrimiento superficial se tomó de 15 minutos - ya que en el método del Hidrograma Parcial, que es uno de los estudiados el pico del hidrograma se presenta a los 20 minutos del inicio de la lluvia y para este tiempo de duración  $T_d=20$ , el valor del tiempo de escurrimiento superficial  $T_e=13.98 \approx 15$  minutos.

El Tiempo de Escurrimiento en el Sistema  $T_s$  se calculó con la fórmula que a continuación se describe:

$$T_s = \frac{L}{60 V}$$

Donde:

- $T_s$  = Tiempo de escurrimiento en el sistema.
- $L$  = Longitud del tramo propio anotado en la 3er. columna.
- $V$  = Velocidad media con que escurre la lluvia que se fijó de 0.85 m/seg. por tener la zona en estudio poca pendiente.

Sustituyendo valores del primer renglón:

$$T_s = \frac{L}{60 V}$$

$$T_s = \frac{50}{60 (0.85)} = 0.98$$

$$T_s = 0.98 \text{ minutos}$$

Para calcular el tiempo de concentración ( $T_c$ ) se aplica la siguiente expresión:

$$T_c = T_e + T_s$$

$$T_c = 15 + 0.98$$

$$T_c = 15.98 \text{ minutos.}$$

Columna 12.- Se indica el valor de la intensidad de lluvia ( $i$ ) en cm/hr para cada tramo y se calcula aplicando la siguiente expresión:

$$i = \frac{1864.0}{T_c + 11.2}$$

$$i = \frac{1864.0}{15.98 + 11.2} = 6.86$$

$$i = 6.86 \text{ cm/hr}$$

Columna 13.- Se indica el coeficiente de escurrimiento que se consideró de 0.56, por las razones anteriormente mencio-

nadas en la columna 9.

Columnas 14.- Se indica el valor del Gasto en el tramo de -  
atarjea y se calcula con la fórmula siguiente:

$$Q = 27.78 \cdot C_iA$$

Sustituyendo los valores del tramo:

$$Q = 27.78 (0.56) (6.86) (0.30)$$

$$Q = 32.02 \text{ l/s}$$











HOJA DE CALCULO DE COSTOS DE TRÁNSITO No. 1

Localidad Origen		Longitudes (m)			Área (H)			Tiempo (min)			Inclinación cm/hr.	Coeficiente de expansión T.C.	Distancia L.P.S.
De	A	Propia (2)	Tributaria (4)	Acumulada (5)	Propia (6)	Tributaria (7)	Acumulada (8)	Ingresos Te (9)	Tránsito Ts (10)	Concentración Tc (11)			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
70	70	0		0	0		0						
71	71	0		0	0		0						
72	72	0		0	0		0						
73	73	0		0	0		0						
74	74	0		0	0		0						
75	75	0		0	0		0						
76	76	0		0	0		0						
77	77	0		0	0		0						
78	78	0		0	0		0						
79	79	0		0	0		0						
80	80	0		0	0		0						
81	81	0		0	0		0						
82	82	0		0	0		0						
83	83	0		0	0		0						
84	84	0		0	0		0						
85	85	0		0	0		0						
86	86	0		0	0		0						
87	87	0		0	0		0						
88	88	0		0	0		0						
89	89	0		0	0		0						
90	90	0		0	0		0						
91	91	0		0	0		0						
92	92	0		0	0		0						
93	93	0		0	0		0						
94	94	0		0	0		0						
95	95	0		0	0		0						
96	96	0		0	0		0						
97	97	0		0	0		0						
98	98	0		0	0		0						
99	99	0		0	0		0						
100	100	0		0	0		0						
101	101	0		0	0		0						
102	102	0		0	0		0						
103	103	0		0	0		0						
104	104	0		0	0		0						
105	105	0		0	0		0						
106	106	0		0	0		0						
107	107	0		0	0		0						
108	108	0		0	0		0						
109	109	0		0	0		0						
110	110	0		0	0		0						
111	111	0		0	0		0						
112	112	0		0	0		0						
113	113	0		0	0		0						
114	114	0		0	0		0						
115	115	0		0	0		0						
116	116	0		0	0		0						
117	117	0		0	0		0						
118	118	0		0	0		0						
119	119	0		0	0		0						
120	120	0		0	0		0						
121	121	0		0	0		0						
122	122	0		0	0		0						
123	123	0		0	0		0						
124	124	0		0	0		0						
125	125	0		0	0		0						
126	126	0		0	0		0						
127	127	0		0	0		0						
128	128	0		0	0		0						
129	129	0		0	0		0						
130	130	0		0	0		0						
131	131	0		0	0		0						
132	132	0		0	0		0						
133	133	0		0	0		0						
134	134	0		0	0		0						
135	135	0		0	0		0						
136	136	0		0	0		0						
137	137	0		0	0		0						
138	138	0		0	0		0						
139	139	0		0	0		0						
140	140	0		0	0		0						
141	141	0		0	0		0						
142	142	0		0	0		0						
143	143	0		0	0		0						
144	144	0		0	0		0						
145	145	0		0	0		0						
146	146	0		0	0		0						
147	147	0		0	0		0						
148	148	0		0	0		0						
149	149	0		0	0		0						
150	150	0		0	0		0						



(30) TABLA DE CALCULO GASTO PLUVIAL No. 1

Localización		Longitudes ( m )			A r e a ( Has )			Tiempos ( min )			Intensidad cm/hr. i	Coeficiente de escurrimiento. to.C	Gasto L.P.S. Q
Límites		Propia (3)	Tributaria (4)	Acumulada (5)	Propia (6)	Tributaria (7)	Acumulada (8)	Ingreso Te (9)	Tránsito Ts (10)	Concentración Tc (11)			
De (1)	A (2)										(12)	(13)	(14)
	90	50		1094	0.30		6.43		0.98	36.43	3.91	0.56	321.1
105								15					
		50		50	0.30		0.30		0.98	15.98	6.86	0.56	32.0
104	104												
	90	50		100	0.30		0.60		0.98	16.96	6.62	0.56	61.8
90			1194			7.03				36.43			
		50		1244	0.30		7.33		0.98	37.41	3.83	0.56	436.7
89	89	49		1292	0.28		7.61		0.98	38.35	3.76	0.56	445.1
7	2	30	1782	7812	0.30	45.85	45.06		0.59	45.91			
	1									46.50	3.23	0.56	2314.4

### III CALCULO DEL GASTO PLUVIAL POR EL METODO DE BUKLI-ZIEGLER.

#### III.1. FUNDAMENTOS DEL METODO.

Ya se ha visto que los caudales de aportación de agua de lluvia en un sistema de alcantarillado dependen de múltiples factores, entre los cuales, los más importantes son:

- Dimensiones del área por drenar.
- Forma del área por drenar.
- Pendiente del terreno.
- Intensidad de la lluvia.
- Coeficiente de impermeabilidad.

La determinación de la función compleja  $Q = f(A_1)$ , condujo a muchos investigadores sobre estas cuestiones a tratar de obtener expresiones sencillas que relacionan todos los factores que intervienen en ella.

Uno de los primeros y más notables de estos investigadores - fué el ingeniero suizo Burkli-Ziegler, quien estableció la - formula que lleva su nombre desde el año de 1878. Para establecerla se basó en mediciones directas y experimentos por lo que ha dado en llamárseles empíricas, sin embargo como se - verá más adelante, tienen la misma estructura que la fórmula racional y no difieren en el concepto fundamental, sino, que intervienen en la formación del coeficiente de escurrimiento - en la expresión racional  $Q = C I A$ .

Es indudable que tanto Burkli-Ziegler como los demás investigadores que han propuesto fórmulas semejantes para el cálculo



de los caudales de lluvias, en diversas poblaciones de Europa y de los Estados Unidos, partieron de datos experimentales para su desarrollo, pero como en los tiempos en que se efectuaron no se contaba con métodos suficientes de investigación, ni los medios de obtener los datos que hay en la actualidad, se obtenían las expresiones que eran consideradas como empíricas, pero que al estudiarlas empleando métodos estadísticos y con suficientes datos se puede ver que son perfectamente racionales.

La correlación que existe entre la expresión axiomática del Método Racional Americano y la fórmula de Burkli-Ziegler es la siguiente:

De la expresión axiomática  $Q = C I A$

Siendo la intensidad  $i$  en su expresión general.

$$i = \frac{K}{(T_c + d)^n}$$

Donde:  $T_c =$  Tiempo de concentración  $= \frac{L}{V}$

$L =$  Longitud de el tramo de tubería

En donde el tiempo ( $T_c$ ) es función del área -

$$T = f(A)$$

La cual se puede expresar en función de la longitud de recorrido del agua como:

$$A = K_1 L^2$$

Donde:

$$L = \sqrt{\frac{A}{K_1}}$$

Pudiéndose expresar también como:

$$T_c = \frac{L}{V}$$

$$\text{En donde } V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} = K_2 S^{1/2}$$

Por tanto:

$$T = \frac{L}{K_2 S^{1/2}}$$

Si se sustituye el valor de L en la última ecuación y ésta a su vez en la expresión de la intensidad de lluvia:

$$T = \frac{\sqrt{A/K_1}}{K_2 S^{1/2}} \quad \text{Por lo tanto: } i = \left( \frac{K}{K_2 S^{1/2}} \right)^n$$

Ordenando los términos de la última ecuación y sustituyendo a i en la expresión axiomática queda:

$$Q = C A^{1-n/2} K K_1^{n/2} K_2^2 S^{n/2}$$

Como  $K$  es igual a la lluvia en la unidad de tiempo  $K = I$ , -

haciendo  $C_1 = C K_1^{n/2} K_2^n$ , queda:  $Q = C_1 I A^{1-n/2} S^{n/2}$

La fórmula de Burkli-Ziegler consideró  $n = 1/2$

Obteniendo:  $Q = C_1 I A^{3/4} S^{1/4}$

La fórmula fué establecida por el autor para el sistema métrico; consideró la unidad de superficie a la hectárea y un milésimo de pendiente como entero. Las unidades del gasto  $Q$  depende del producto  $Ai$ , puesto que la pendiente y el coeficiente de escurrimiento son números abstractos. Por tanto si se toma el área en hectáreas y la intensidad de lluvia en cm/hora, se obtiene el gasto en litros por segundo, quedando como sigue:

$$Q = 27.78 C I A^{3/4} S^{1/4}$$

Donde:

- $Q$  = Gasto pluvial en litros por segundo.
- $C$  = Coeficiente de escurrimiento calculado como en el Método Racional Americano.
- $I$  = Intensidad de lluvia para el tiempo de duración de lluvia ( $T_d$ ) igual al tiempo de concentración ( $T_c$ ) total de la cuenca.
- $A$  = Area de la cuenca en has.
- $S$  = Pendiente media de la cuenca en milésimas.

### III.2. METODOLOGIA Y APLICACION A LA ZONA EN ESTUDIO.

Este método se aplica generalmente para conocer el gasto máximo en la descarga de un proyecto.

#### MEMORIA DE CALCULO.

$$Q = 27.78 C I A^{3/4} S^{1/4}$$

Para calcular el gasto máximo por este método se hacen las siguientes consideraciones.

- a) El coeficiente de escurrimiento (C) se consideró de 0.56 por razones ya expuestas en el Método Racional Americano.
- b) La intensidad se calculó con la siguiente fórmula:

$$i = \frac{1864}{11.2 + T_c}$$

Donde:

$T_c$  = Tiempo de concentración de la cuenca en minutos.

$$i = \frac{1864}{11.2 + 46.5} = 32.3 \text{ mm/hr}$$

$$i = 3.23 \text{ cm/hr.}$$

c) Area total de la cuenca que resultó ser:

$$A = 46.06 \text{ Has.}$$

d) La pendiente media de la cuenca se calculó con la diferencia de niveles del punto más alejado y alto de la cuenca y el punto de descarga, resultando ser:

$$\text{Cota mayor} = 36.65$$

$$\text{Cota menor} = 35.00$$

Longitud de recorrido, entre puntos 1573 metros.

Resultando una pendiente media de

$$\frac{36.65 - 35.00}{1573} = 0.001 = 1 \text{ milésima}$$

Sustituyendo las consideraciones en la Ec. General.

$$Q = 27.78 \quad C \quad I \quad A^{3/4} \quad S^{1/4}$$

$$Q = 27.78 \quad (0.56) \quad (3.23) \quad (46.06)^{3/4} \quad (1)^{1/4}$$

$$Q = 888.41 \text{ L/s}$$

#### IV. CALCULO DEL GASTO PLUVIAL POR EL METODO RACIONAL GRAFICO ALEMAN.

##### IV.1. FUNDAMENTOS DEL METODO.

Este método se fundamenta en la expresión axiomática:

$$Q = C I A$$

La diferencia fundamental con el Método Racional Americano, estriba en que en lugar de un método analítico se emplea un artificio gráfico para determinar la influencia del retardo en el escurrimiento en los distintos tramos de la red de al cantarillado.

Considérese un área A, cuyo coeficiente de escurrimiento sea C, sobre la que lloverá un tiempo  $T_d$  mayor que el tiempo de concentración  $T_c$ . Observando los gastos que pasan por el desfogue se nota lo siguiente: Al empezar la lluvia, comienza un cierto escurrimiento que va aumentando hasta convertirse en el gasto total  $Q = C I A$ , si el tiempo de duración de lluvia ( $T_d$ ) es igual al tiempo de concentración ( $T_c$ ) del área. Si como se ha supuesto, el tiempo de duración de lluvia ( $T_d$ ) es mayor que el tiempo de concentración ( $T_c$ ), el gasto máximo  $Q = C I A$  se mantendrá durante un tiempo igual a la diferencia de el tiempo de duración ( $T_d$ ) y el tiempo de concentración ( $T_c$ ). Cuando la lluvia termina, el caudal empieza a disminuir hasta llegar a cero cuando transcurre el tiempo de concentración después de que terminó la lluvia.

La representación gráfica de los gastos que pasan por el punto de salida o sea el hidrógrafo de los escurrimientos, sería como se muestra en la figura IV.1, en la figura IV.2, se registrarían los gastos cuando la lluvia tuviera una duración igual al tiempo de concentración.

En el caso que el tiempo de duración de lluvia ( $T_d$ ) fuera menor que el tiempo de concentración ( $T_c$ ), es un caso hipotético puesto que el mayor caudal que se acumula es menor que el máximo que puede ocurrir en el área. Esto se representa en la figura IV.3.

Figura IV.1 para  $T_d > T_c$

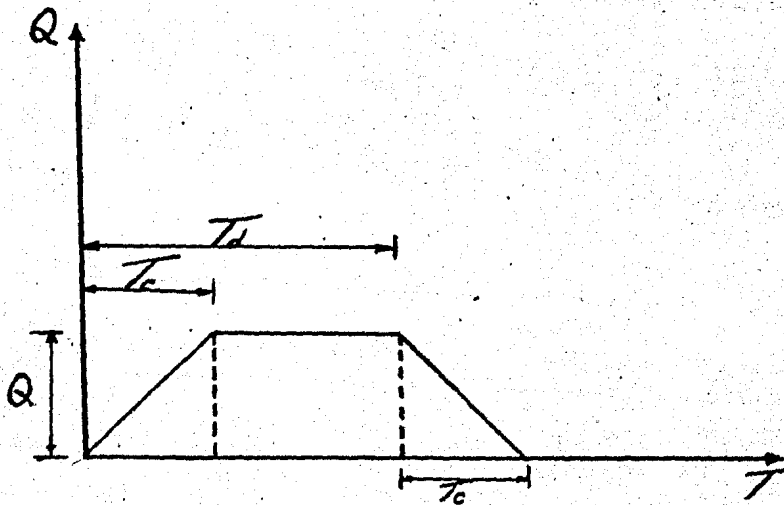


Figura IV.2 para  $T_d = T_c$

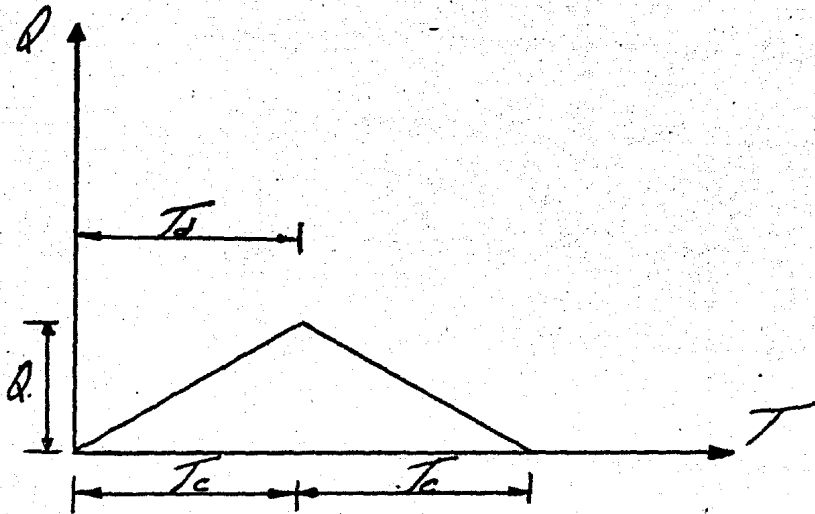
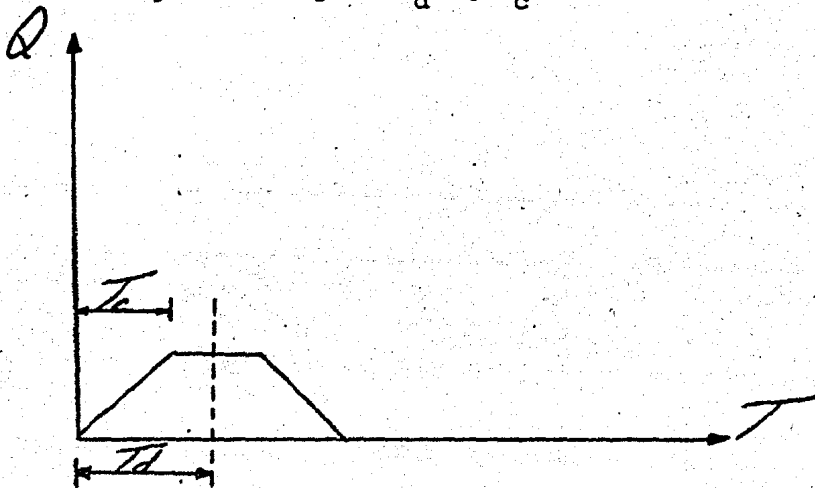


Figura IV.3 para  $T_d < T_c$





Cuando se estudia una red de alcantarillado, se presentan dos situaciones:

- 1.- Que los tramos sean consecutivos.
- 2.- Que los tramos sean concurrentes.

Para acumular los gastos según el caso, el procedimiento es el siguiente:

Se obtiene el gasto asociado al área de cada subcuenca y a la intensidad correspondiente a toda la zona analizada. Este gasto se mantiene hasta un tiempo igual al tiempo de concentración  $T_c$  de toda la región considerada, ya que se supone que el tiempo de duración de lluvia ( $T_d$ ) es igual al tiempo de concentración ( $T_c$ ) de la cuenca.

La forma en que incrementa el gasto hasta llegar al máximo en las subcuencas depende del tiempo de concentración ( $T_c$ ) de cada subcuenca individualmente. El análisis se inicia a partir de la primera subcuenca que aporta gasto, hacia aguas arriba.

Si los colectores son concurrentes se supone que empieza a contribuir con el gasto simultáneamente. Para simular esto gráficamente se suman los dos hidrogramas, principiando ambos al mismo tiempo, ver Fig. IV.4.

Si los colectores son consecutivos, se considera que la subcuenca de aguas arriba comienza a aportar gasto inmediatamente - - aguas abajo. Con objeto de conseguir este efecto, el hidrograma

ma se sumará, pero a partir del tiempo de concentración de la cuenca próxima aguas abajo, ver Fig. IV.5.

Con estas bases, al integrar todos los hidrogramas de la cuenca se obtendrá el hidrograma en el punto considerado. De este hidrograma se considera el gasto pico para diseñar la atarjea o colector.

A continuación se ilustra el método con un ejemplo: Tramos Con currentes.

TRAZO DE LA RED.

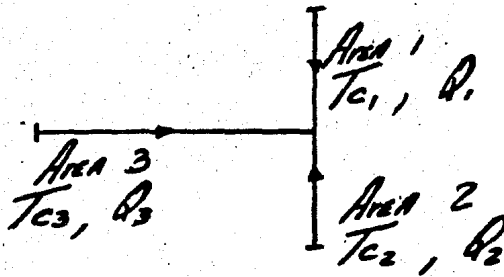
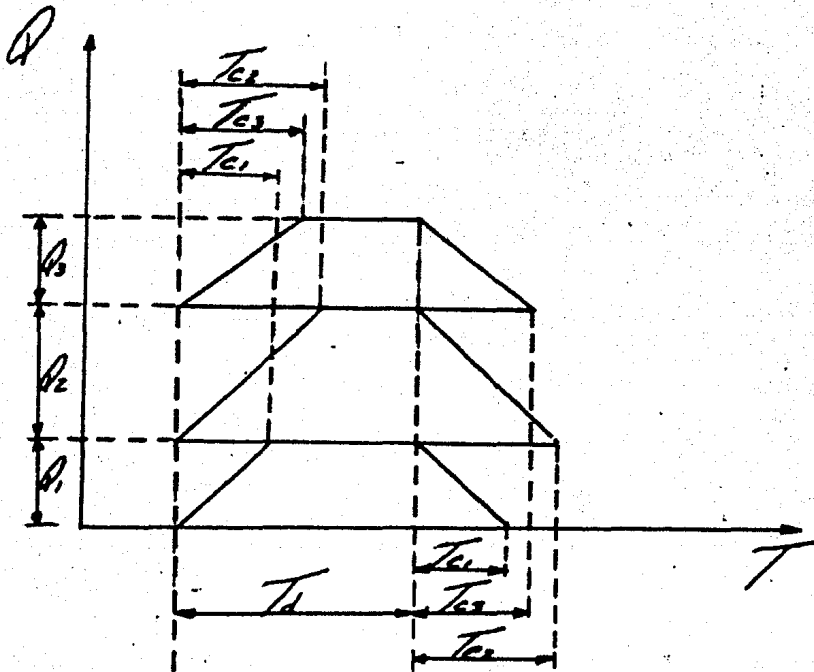
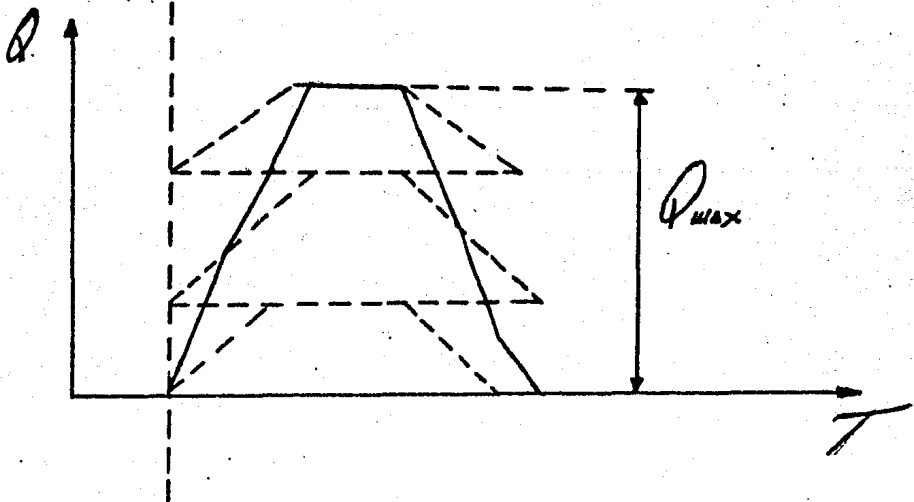


Figura IV.4



Procedimiento para sumar hidrogramas en colectores Concurrentes.



Tramos consecutivos

Trazo de la Red.

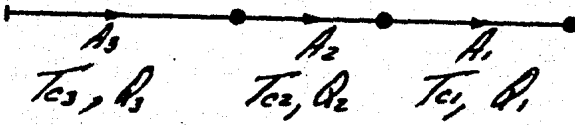
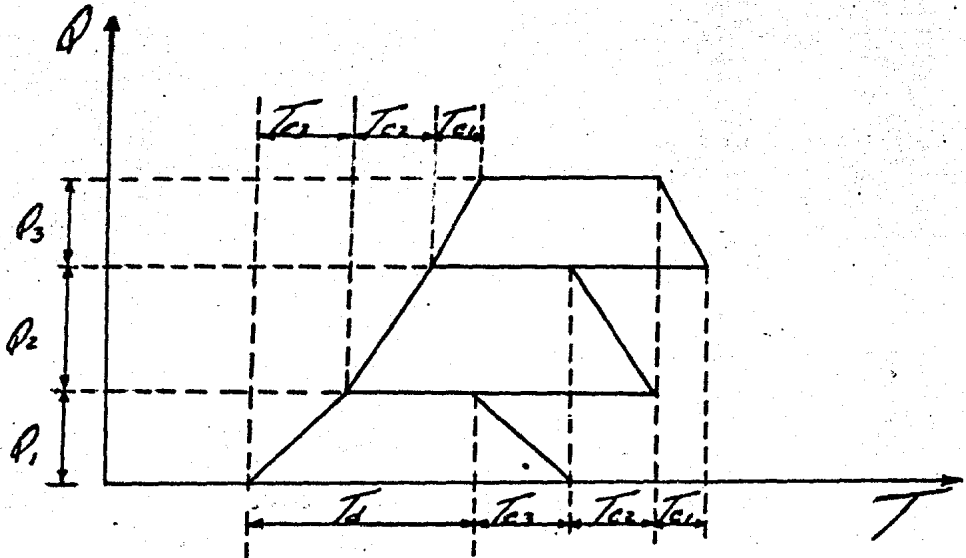
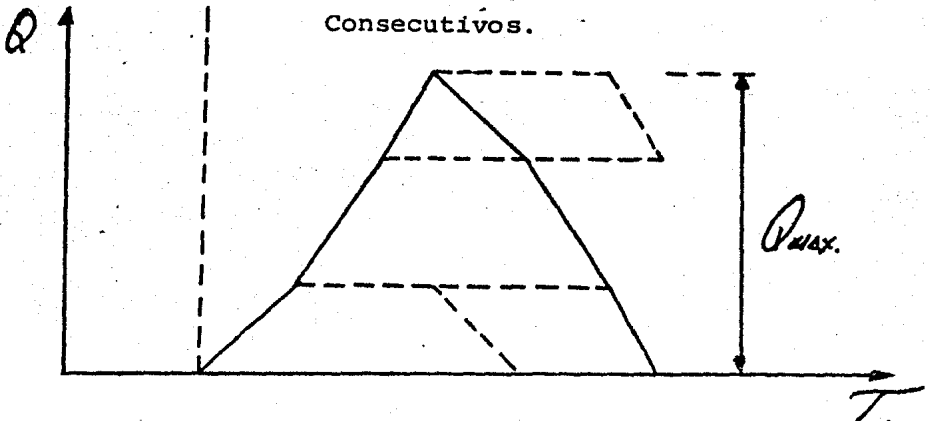


Figura IV.5.



Procedimiento para sumar Hidrogramas en Colectores Consecutivos.



#### IV.2. METODOLOGIA Y APLICACION A LA ZONA DE ESTUDIO.

Para facilitar el proceso se empleó una tabla de cálculo - que a continuación se describe. (Veáse Tabla No.2)

Tabla para Construcción de Hidrogramas.

Columna 1. Se indica el tramo en estudio mediante el número de los pozos que lo limitan.

Columna 2. Se indica el área aportante al tramo en Has.

Columna 3. Se indica el Coeficiente de Escurrimiento que se consideró de 0.56, para hacer más congruente la comparación de los métodos, ya que en el Método del Hidrograma Parcial el pico del hidrograma se presenta a los 20 minutos del inicio de la lluvia y para el tiempo de duración  $T_d = 20$  minutos, el valor del coeficiente de escurrimiento  $C = 0.56$

Columna 4, 5, 6, 7. Se indican en minutos, el tiempo de escurrimiento superficial ( $T_e$ ), tiempo de escurrimiento en el sistema ( $T_s$ ), el tiempo de concentración ( $T_c$ ) y el tiempo de concentración ( $T_c$ ) acumulado, que se calculan como se expuso en el Método Racional.

Columna 8. Se indica el valor de la intensidad de lluvia - ( $i$ ) en cm/hr. para cada tramo y se calcula con la siguiente expresión:

$$i = \frac{1864}{T_d + 11.2}$$

Donde  $T_d$  es el tiempo de duración de lluvia que será igual al tiempo de concentración de la cuenca.

$$T_c = 60 \text{ minutos} = T_d$$

$$i = \frac{1864}{T_d + 11.2} = \frac{1864}{60 + 11.2} = 26.18 \text{ mm/hr} = 2.618 \text{ cm/hr.}$$

$$i = 2.62 \text{ cm/hr.}$$

Columna 9. Se indica el valor del gasto  $Q$  en litros/seg.  
Calculado con la siguiente fórmula:

$$Q = 27.78 \text{ C I A}$$

Resultando para el primer renglón:

$$Q = 27.78 (0.56) (2.62) (0.30) = 12.23 \text{ l.p.s.}$$

Con los datos calculados en la tabla anterior se construyen los hidrogramas gráficamente.

En este trabajo se propone cambiar el Método Gráfico Alemán a Método Analítico Alemán por presentar las siguientes ventajas:

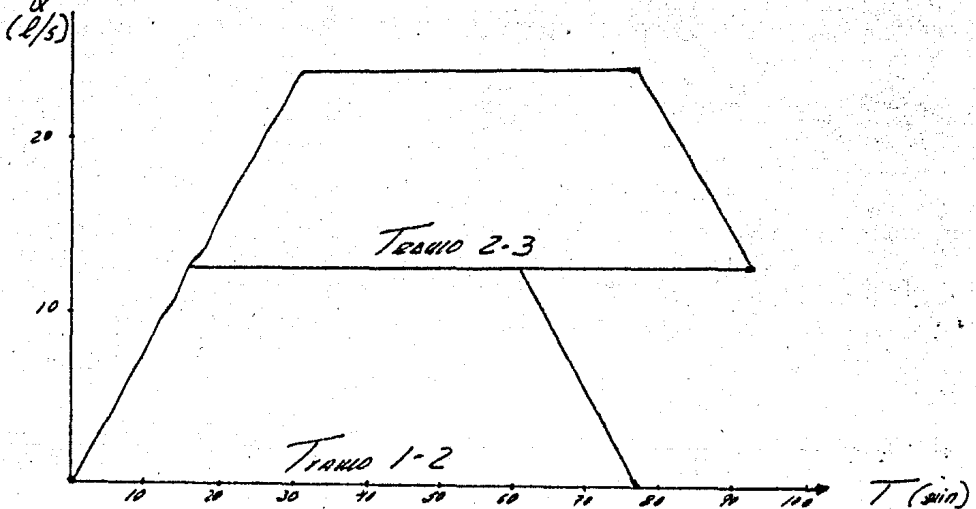
- a) El cálculo resulta más exacto.
- b) Resulta más fácil sumar números, que sumar gráficas.
- c) Se puede obtener el hidrograma de escurrimiento en cada tramo de atarjea.

Para hacer más objetivo el proceso se presentan a continuación el ejemplo de los tramos 1-2 y 2-3.

## PRESENTACION ANALITICA

<u>Tramo</u>	<u>1-2</u>	<u>2-3</u>
5	3.92	
10	7.84	
15	11.77	
20	12.23	3.38
25	12.23	7.20
30	12.23	11.03
35	12.23	12.23
40	12.23	12.23
45	12.23	12.23
50	12.23	12.23
55	12.23	12.23
60	12.23	12.23
65	8.31	12.23
70	4.39	12.23
75	0.46	12.23
80		8.85
85		5.03
90		1.20
95		
100		

## Presentación Gráfica



La presentación analítica de los hidrogramas de cada tramo - se calculo con un programa de la máquina HEWLETT PACKARD 33 C que lo que hace es seguir la forma del hidrograma que sabemos son trapecios, para esto se utilizó la Tabla para construcción de hidrogramas en la cual se consignan los datos de cada tramo, además se debe seguir el escurrimiento propuesto a las atarjeas, siendo el programa el siguiente:

PASO	TECLA
1	ENTER
2	STO 0
3	R/S
4	RCL 0
5	÷



6	STO	1
7	R/S	
8	STO	2
9	R/S	-
10	RCL	2
11	-	
12	RCL	1
13	x	
14	STO	3
15	R/S	
16	RCL	2
17	-	
18	RCL	1
19	x	
20	STO	4
21	R/S	
22	RCL	2
23	-	
24	RCL	1
25	x	
26	STO	5
27	GO TO	07

La manera de introducir a los datos el programa es la siguiente:

1. Se introduce el Tc. propio del tramo que se está calculando y se oprime la tecla R/S.
2. Se introduce el Q propio y se oprime la tecla R/S;

3. Se introduce el Tc acumulado anterior para el primer tramo es cero y se oprime la tecla R/S
4. Se introduce el intervalo de tiempo que es 5
5. Se introduce el intervalo de tiempo que es 10
6. Se introduce el intervalo de tiempo que es 15

Como se sabe que el Gasto Máximo del hidrograma es 12.23 l/s y es de forma trapecial este gasto se mantiene constante, el lapso de tiempo que es igual al tiempo de duración de la lluvia menos el tiempo de concentración propio de cada tramo esto es:  $T_d - T_c = 60 - 15.59 = 44.41$  minutos.

7. Se introduce el Tc acumulado propio + 60 minutos.
8. Se introduce el intervalo de tiempo que es 65
9. Se introduce el intervalo de tiempo que es 70
10. Se introduce el intervalo de tiempo que es 75

De esta manera se construyó la tabla cuyo tiempo de duración de lluvia es de  $T_d = 60$  min.

Para obtener el hidrograma de diseño de cada tramo de atarjea se procede a sumar por renglón en cada intervalo de tiempo que es de 5 minutos, de acuerdo al escurrimiento propuesto.

En la tabla se muestra el hidrograma resultante para cada tramo para el tiempo de duración de lluvia de  $T_d = 60$  min.

El gasto que resulta de sumar los hidrogramas en cada tramo se consigna en la tabla No.2 para construcción de hidrograma mas columna 10.

( 41 )

## TABLA PARA LA CONSTRUCCION DE HIDROGRAMAS No 2

Hoja 1/6

(1) TRAMO	(2) AREA (Has.)	(3) C	(4) (5) (6) (7) TIEMPOS (min.)				(8) INTEN- SIDAD cm/hr.	(9) GASTO PROPIO L/S	(10) GASTO ESPECIFICO (l/s')
			Ta.	Ts	Tc	Tc.Acum.			
1-6	0.30	0.56	15.0	0.59	15.59	15.59	2.62	12.23	377.65
2-3	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	31.57	2.62	12.23	320.02
3-4	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	47.84	2.62	15.49	320.02
4-5	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	64.11	2.62	15.49	267.97
5-6	0.40	0.56	15.0	1.33	16.33	80.44	2.62	16.30	267.97
6-7	0.41	0.56	15.0	1.37	16.37	96.81	2.62	16.71	217.59
7-8	0.44	0.56	15.0	1.47	16.47	113.28	2.62	17.93	217.59
8-9	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	129.55	2.62	15.49	164.87
9-10	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	145.82	2.62	15.49	164.87
10-11	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	162.09	2.62	15.49	112.96
11-12	0.40	0.56	15.0	1.33	16.33	178.42	2.62	16.30	112.96
12-13	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	194.69	2.62	15.49	60.28
13-14	0.41	0.56	15.0	1.37	16.37	211.06	2.62	16.71	58.38
14-15	0.41	0.56	15.0	1.37	16.37	227.43	2.62	16.71	53.28
15-16	0.41	0.56	15.0	1.37	16.37	243.80	2.62	16.71	41.17
16-17	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	259.78	2.62	12.23	24.46
17-21	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	275.76	2.62	12.23	12.23
2-89	0.28	0.56	15.0	0.94	15.94	31.53	2.62	11.41	73.42
89-90	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	47.51	2.62	12.23	73.42
90-91	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	63.49	2.62	12.23	58.45
91-76	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	79.76	2.62	15.49	58.45
76-92	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	95.74	2.62	12.23	58.45
92-93	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	111.72	2.62	12.23	58.45
93-94	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	127.99	2.62	15.49	58.45
94-79	0.40	0.56	15.0	1.33	16.33	144.32	2.62	16.30	58.45

( 42 )

## TABLA PARA LA CONSTRUCCION DE HIDROGRAMAS No 2

Hoja 2/6

(1) TRAMO	(2) AREA (Has.)	(3) C	(4) (5) (6) (7) TIEMPOS (min.)				(8) INTEN- SIDAD cm/hr.	(9) GASTO PROPIO L/S	(10) GASTO EDIFICADO (l/s)
			Te.	Ts	Tc	Tc. Acum.			
79-95	0.28	0.56	15.0	0.94	15.94	160.26	2.62	11.41	58.45
95-96	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	176.24	2.62	12.23	58.45
96-97	0.41	0.56	15.0	1.37	16.37	192.61	2.62	16.71	58.07
97-82	0.44	0.56	15.0	1.47	16.47	209.08	2.62	17.93	56.09
82-98	0.35	0.56	15.0	1.18	16.18	225.26	2.62	14.27	55.50
98-99	0.35	0.56	15.0	1.18	16.18	241.44	2.62	14.27	55.50
99-100	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	257.71	2.62	15.49	55.50
100-85	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	273.98	2.62	15.49	55.50
85-101	0.35	0.56	15.0	1.18	16.18	290.16	2.62	14.27	55.50
101-102	0.35	0.56	15.0	1.18	16.18	306.34	2.62	14.27	46.06
102-103	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	322.61	2.62	15.49	31.79
103-88	0.40	0.56	15.0	1.33	16.33	338.94	2.62	16.30	16.30
90-104	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	63.49	2.62	12.23	24.46
104-106	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	79.47	2.62	12.23	12.23
4-75	0.28	0.56	15.0	0.94	15.94	63.78	2.62	11.41	55.95
75-76	0.28	0.56	15.0	0.94	15.94	79.72	2.62	11.41	55.95
76-77	0.28	0.56	15.0	0.94	15.94	95.66	2.62	11.41	55.95
77-55	0.40	0.56	15.0	1.33	16.33	111.99	2.62	16.30	55.95
55-78	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	127.97	2.62	12.23	55.95
78-79	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	143.95	2.62	12.23	55.95
79-80	0.41	0.56	15.0	1.37	16.37	160.32	2.62	16.71	55.95
80-58	0.44	0.56	15.0	1.47	16.47	176.79	2.62	17.93	55.95
58-81	0.28	0.56	15.0	0.94	15.94	192.73	2.62	11.41	55.95
81-82	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	208.71	2.62	12.23	55.95
82-83	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	224.98	2.62	15.49	55.95

( L<sub>2</sub> )

## TABLA PARA LA CONSTRUCCION DE HIDROGRAMAS No 2

Hoja 3/6

(1) TRAMO	(2) AREA (Has.)	(3) C	(4) (5) TIEMPOS				(6) (min.)	(7) Tc .Acum.	(8) INTEN- SIDAD cm/hr.	(9) GASTO PROPIO L/S	(10) GASTO MODIFICADO (L/s)
			Te.	Ts	Tc	Tc .Acum.					
83-61	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	241.25	2.62	15.49	55.95		
61-84	0.35	0.56	15.0	1.18	16.18	257.43	2.62	14.27	55.95		
84-85	0.35	0.56	15.0	1.18	16.18	273.61	2.62	14.27	55.95		
85-86	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	289.88	2.62	15.49	55.57		
86-64	0.40	0.56	15.0	1.33	16.33	306.21	2.62	16.30	55.23		
64-87	0.35	0.56	15.0	1.18	16.18	322.39	2.62	14.27	43.62		
87-88	0.34	0.56	15.0	1.14	16.14	338.53	2.62	13.86	39.35		
88-67	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	354.80	2.62	15.49	15.49		
6-54	0.28	0.56	15.0	0.94	15.94	96.38	2.62	11.41	137.67		
54-55	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	112.36	2.62	12.23	137.67		
55-56	0.41	0.56	15.0	1.37	16.37	128.73	2.62	16.71	137.67		
56-43	0.44	0.56	15.0	1.47	16.47	145.20	2.62	17.93	137.67		
43-57	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	161.18	2.62	12.23	137.67		
57-58	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	177.16	2.62	12.23	137.67		
58-59	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	193.43	2.62	15.49	137.67		
59-46	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	209.70	2.62	15.49	137.67		
46-60	0.28	0.56	15.0	0.94	15.94	225.64	2.62	11.41	137.67		
60-61	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	241.62	2.62	12.23	137.67		
61-62	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	257.89	2.62	15.49	137.67		
62-49	0.40	0.56	15.0	1.33	16.33	274.22	2.62	16.30	137.67		
49-63	0.35	0.56	15.0	1.18	16.18	290.40	2.62	14.27	137.67		
63-64	0.35	0.56	15.0	1.18	16.18	306.58	2.62	14.27	137.67		
64-65	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	322.85	2.62	15.49	137.67		
65-52	0.41	0.56	15.0	1.37	16.37	339.22	2.62	16.71	16.71		
65-66	0.35	0.56	15.0	1.18	16.18	339.03	2.62	14.27	137.67		

( 4 )  
 TABLA PARA LA CONSTRUCCION DE HIDROGRAMAS No 2

Hoja 4/6

(1) TRAMO	(2) AREA (Has.)	(3) C	(4) (5) TIEMPOS		(6) (min.) Tc	(7) Tc.Acum.	(8) INTEN- SIDAD cm/hr.	(9) GASTO PROPIO L/S	(10) GASTO MODIFICADO (L/s)
			Te.	Ts					
66-67	0.34	0.56	15.0	1.14	16.14	355.17	2.62	13.86	137.67
67-68	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	371.44	2.62	15.49	137.67
68-69	0.34	0.56	15.0	1.14	16.14	387.58	2.62	13.86	51.56
69-52	0.35	0.56	15.0	1.18	16.18	403.76	2.62	14.27	14.27
68-70	0.44	0.56	15.0	1.47	16.47	387.91	2.62	17.93	86.11
70-72	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	404.18	2.62	15.49	43.62
72-73	0.34	0.56	15.0	1.14	16.14	420.32	2.62	13.86	28.13
73-74	0.35	0.56	15.0	1.18	16.18	436.50	2.62	14.27	14.27
70-71	0.34	0.56	15.0	1.14	16.14	404.05	2.62	13.86	29.76
71-53	0.35	0.56	15.0	1.18	16.18	420.23	2.62	14.27	14.27
8-42	0.28	0.56	15.0	1.94	16.94	130.22	2.62	11.41	56.91
42-43	0.30	0.56	15.0	1.98	16.98	147.20	2.62	12.23	56.91
43-44	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	163.47	2.62	15.49	56.91
44-32	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	179.74	2.62	15.49	56.91
32-45	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	195.72	2.62	12.23	56.91
45-46	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	211.70	2.62	12.23	56.91
46-47	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	227.97	2.62	15.49	56.91
47-35	0.40	0.56	15.0	1.33	16.33	244.30	2.62	16.30	56.91
35-48	0.28	0.56	15.0	0.94	15.94	260.24	2.62	11.41	56.91
48-49	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	276.22	2.62	12.23	56.91
49-50	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	292.49	2.62	15.49	56.91
50-38	0.41	0.56	15.0	1.37	16.37	308.86	2.62	16.71	56.91
38-51	0.35	0.56	15.0	1.18	16.18	325.04	2.62	14.27	56.91
51-52	0.35	0.56	15.0	1.18	16.18	341.22	2.62	14.27	47.69
52-33	0.41	0.56	15.0	1.37	16.37	357.59	2.62	16.71	33.42

( 11 )  
**TABLA PARA LA CONSTRUCCION DE HIDROGRAMAS No 2**

Hoja 5/6

(1) TRAMO	(2) AREA (Has.)	(3) C	(4) (5) (6) (7) TIEMPOS (min.)				(8) INTEN- SIDAD cm/hr.	(9) GASTO PROPIO L/S	(10) GASTO MODIFICADO (l/s)
			Te.	Ts	Tc	Tc-Acum.			
53-74	0.41	0.56	15.0	1.37	16.37	373.96	2.62	16.71	16.71
10-31	0.28	0.56	15.0	0.94	15.94	161.76	2.62	11.41	57.24
31-32	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	177.74	2.62	12.23	57.24
32-33	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	194.01	2.62	15.49	57.24
33-24	0.40	0.56	15.0	1.33	16.33	210.34	2.62	16.30	57.24
24-34	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	226.32	2.62	12.23	57.24
34-35	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	242.30	2.62	12.23	57.24
35-36	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	258.57	2.62	15.49	57.24
36-27	0.41	0.56	15.0	1.37	16.37	274.94	2.62	16.71	57.24
27-37	0.28	0.56	15.0	0.94	15.94	290.88	2.62	11.41	57.24
37-38	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	306.86	2.62	12.23	57.24
38-39	0.41	0.56	15.0	1.37	16.37	323.23	2.62	16.71	57.02
39-40	0.41	0.56	15.0	1.37	16.37	339.60	2.62	16.71	45.25
40-41	0.35	0.56	15.0	1.18	16.18	355.78	2.62	14.27	28.54
41-74	0.35	0.56	15.0	1.18	16.18	371.96	2.62	14.27	14.27
12-23	0.28	0.56	15.0	0.94	15.94	194.36	2.62	11.41	54.17
23-24	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	210.34	2.62	12.23	54.17
24-25	0.38	0.56	15.0	1.27	16.27	226.61	2.62	15.49	54.17
25-19	0.41	0.56	15.0	1.37	16.37	242.98	2.62	16.71	54.17
19-26	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	258.96	2.62	12.23	54.17
26-27	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	274.94	2.62	12.23	53.67
27-28	0.41	0.56	15.0	1.37	16.37	291.31	2.62	16.71	53.48
28-29	0.41	0.56	15.0	1.37	16.37	307.68	2.62	16.71	40.35
29-30	0.28	0.56	15.0	0.94	15.94	323.62	2.62	11.41	23.64
30-40	0.30	0.56	15.0	0.98	15.98	339.60	2.62	12.23	12.23





## V CALCULO DEL GASTO PLUVIAL POR EL METODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO PARCIAL.

### V.1. FUNDAMENTOS, METODOLOGIA Y APLICACION DEL METODO.

Los hidrólogos han estudiado una serie de métodos para el análisis de avenidas, que bien pueden aplicarse para conocer el comportamiento de los escurrimientos en atarjeas y colectores de áreas urbanas como consecuencia de la lluvia. Uno de estos es el denominado Hidrograma Parcial, que tiene su fundamento en el Hidrograma Unitario.

Un hidrograma unitario representa el escurrimiento superficial que resulta desde 1.0 mm de precipitación en exceso de la infiltración y otras pérdidas, ocurrido en la unidad de tiempo. Este hidrograma puede ser empleado para calcular el pico y otras características del escurrimiento superficial para una lluvia observada. La hipótesis básica consiste en que, dada una cuenca, el escurrimiento superficial en exceso de la lluvia que ocurre en la unidad de tiempo, produce un hidrograma con un tiempo base común y ordenadas de descarga de proporción lineal al aumento de la lluvia en exceso. Esto es, que una lluvia en exceso de 10 mm en la unidad de tiempo, produce un hidrograma que tiene ordenadas 10 veces más grandes que aquel de 1.0 mm de lluvia en exceso, mientras que el tiempo de duración de la descarga aproximadamente el mismo. Además, la aplicación de un hidrograma unitario supone que la rapidez del escurrimiento para unidades consecutivas de lluvias en exceso, teniendo una distribución de área uniforme, son proporcionales al hidrograma unitario. Así, las ordenadas de varios Hidrogramas Parciales, obtenidas al multiplicar el hidrograma unitario por -

los excesos de lluvia en sucesivas unidades de tiempo, pueden superponerse y sumarse para obtener el hidrograma total.

La teoría del hidrograma unitario también supone una precipitación de rápidez uniforme durante el período de tiempo unitario, por lo tanto, la unidad de tiempo debe seleccionarse de tal manera que se cumpla esta condición.

Los hidrogramas unitarios son obtenidos del análisis de los datos de lluvias observadas y los escurrimientos resultantes. El hidrograma ideal es el obtenido de tormentas de corta duración, con intensidad uniforme distribuída en toda el área de la cuenca.

Para preparar un hidrograma unitario, primero se examinan los registros de precipitación para definir la tormenta más apropiada. A continuación se revisan datos correspondientes de las descargas a fin de seleccionar algunos de los más adecuados para estudios posteriores. Para mejores resultados, los escurrimientos deben de ser de 25 mm o mayores.

#### ELABORACION DEL HIDROGRAMA DE DISEÑO

Para obtener el hidrograma de una lluvia, la duración de la tormenta se subdivide en múltiplos de un cierto intervalo constante, obteniendo para cada grupo escogido, una altura de lluvia total. La altura de lluvia de cada intervalo será la diferencia entre la altura de la lluvia obtenida al inicio y final del intervalo. Debido al proceso de análisis, el hidrograma así deducido tendrá una variación lineal de las alturas de lluvia, siendo máxima al principio y mínimo al final. Tra

tando de ser más congruente con la realidad, conviene distribuir los incrementos de lluvia, sin perder su liga, de tal manera que el máximo incremento está dentro de la primera mitad del tiempo de duración total de la lluvia; algunos autores recomiendan que se ubique a  $3/8$  de este tiempo. Para ubicar el máximo incremento a  $3/8$  del tiempo de duración de lluvia se desplaza el hidrograma 3 lapsos para después integrar la curva S.

A falta de una tormenta máxima registrada, el hidrograma de diseño se puede obtener a partir de la curva intensidad-duración período de retorno, de la tormenta base, pero considerando un tiempo de desplazamiento de hidrograma, para que la máxima intensidad ocurra cuando se presenta el pico, según los registros de las tormentas máximas.

Para conocer el hidrograma unitario del que se obtendrá el de diseño se siguen en general los siguientes pasos que se simplifican usando las tablas 3 y 4.

1. Se selecciona el período de retorno de la tormenta de diseño, en función al tipo y vida útil de la obra que se va a proyectar.
2. Se supone una duración de la tormenta que está en función al tiempo de concentración de la cuenca.
3. Se calcula la intensidad de lluvia máxima para cada intervalo de tiempo.
4. Se calcula la altura de lluvia máxima para cada duración -

multiplicando el tiempo de duración de la lluvia por la intensidad de lluvia máxima para cada intervalo de tiempo.

5. Se calcula la altura de lluvia en cada intervalo.
6. Se calcula la intensidad de lluvia en cada intervalo multiplicando la altura de lluvia en cada intervalo por 60 entre 5.
7. Con la intensidad de lluvia en cada intervalo se procede a realizar el desplazamiento del hidrograma por el método de la curva S en tres intervalos.
8. Se calcula la curva S desplazada.
9. Se calcula el hidrograma de diseño multiplicando el valor de la curva S desplazada en cada intervalo de tiempo por el coeficiente que resulta de dividir el intervalo de tiempo en que se dividió el tiempo de duración de la lluvia entre el tiempo desplazado de la curva S. El hidrograma así deducido corresponde a una tormenta cuya duración se supuso en el inciso 2. Si no se tiene conocimiento de la duración de la tormenta más desfavorable, se puede repetir el proceso a partir del inciso 2, suponiendo diversas duraciones de tormenta, hasta obtener la avenida más desfavorable para el período de retorno de la lluvia que se seleccionó en el inciso uno.

Obteniendo el hidrograma de diseño se procede a calcular los datos básicos para el diseño de atarjeas con ayuda de la tabla No. 5

1. Se calcula el coeficiente de escurrimiento que puede ser constante o variable en función de la lluvia. En el segundo caso se recomienda la fórmula de Hoad.

$$C = X \frac{T_d}{T_d + 8} + (1 - X) \frac{0.5 T_d}{T_d + 15}$$

Donde:

C = Coeficiente de Escurrimiento

X = Porcentaje del área que es impermeable

$T_d$  = Tiempo de la duración de la lluvia en minutos

2. Se anota la intensidad de lluvia (hidrograma de diseño) para cada duración de lluvia.
3. Se calcula el tiempo de escurrimiento superficial con la siguiente fórmula:

$$T_e = 6.916 \frac{L^{0.6} n^{0.6}}{(C_i)^{0.4} S^{0.3}}$$

Donde:

$T_e$  = Tiempo de escurrimiento superficial (minutos)

L = Longitud superficial del escurrimiento (metros)

$C_i$  = Exceso de intensidad de precipitación (mm/hr)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

S = Pendiente superficial (metros)

4. Se calcula el tiempo de tránsito en el sistema con la si-

guiente fórmula:

$$T_s = \frac{L}{60 V}$$

$T_s$  = Tiempo de tránsito en el sistema en minutos

$L$  = Longitud del tramo de tubería en metros

$V$  = Velocidad media del agua en la tubería (m/seg)

5. Se calcula el tiempo de concentración con la siguiente fórmula:

$$T_c = T_e + T_s$$

Donde:

$T_c$  = Tiempo de concentración en minutos

$T_e$  = Tiempo de escurrimiento superficial en minutos

$T_s$  = Tiempo de tránsito en el sistema en minutos

6. Se calcula el tiempo base con la siguiente fórmula:

$$T_b = T_c + T_r$$

Donde:

$T_b$  = Tiempo base en minutos

$T_c$  = Tiempo de concentración en minutos

$T_r$  = Intervalo de tiempo en que se dividió la duración de lluvia.

METODOLOGIA PARA CALCULAR LOS HIDROGRAMAS PARCIALES PARA EL DISEÑO DE LAS ATARJEAS Y COLECTORES.

El hidrograma parcial puede considerarse como el resultante de un hidrograma con valor uniforme y una duración específica para una subcuenca. Pueden ocurrir tres casos de hidrogramas parciales en función de la duración de la lluvia y del tiempo de concentración.

CASO 1. La duración del intervalo de tiempo ( $T_r$ ) es igual al tiempo de concentración ( $T_c$ ), en este caso el pico del hidrograma en el punto analizado se presenta cuando el flujo de toda la cuenca está contribuyendo, además de que el gasto máximo es instantáneo por la condición de  $T_r = T_c$

El gasto máximo instantáneo se calcula con la fórmula siguiente:

$$Q = 27.78 C I A$$

Donde:

A = Area de la cuenca en Ha.

I = Intensidad de lluvia en cm/hr

C = Coeficiente de escurrimiento

27.78 = Factor de conversión para que el gasto resulte en L/s

Q = Gasto en l/s

El tiempo base del hidrograma parcial se calcula con la fórmula siguiente:



$$T_b = T_r + T_c = 2 T_r$$

Donde:

$T_b$  = Tiempo base del hidrograma parcial en minutos

$T_r$  = Duración del intervalo de tiempo en minutos

$T_c$  = Tiempo de concentración de la subcuenca en minutos

El volumen escurrido se calcula con la fórmula siguiente:

$$V = 27.78 \ C \ I \ A \ T_r$$

Donde:

V = Volumen escurrido en litros

27.78 = Factor de conversión para que el volumen sea en l/s

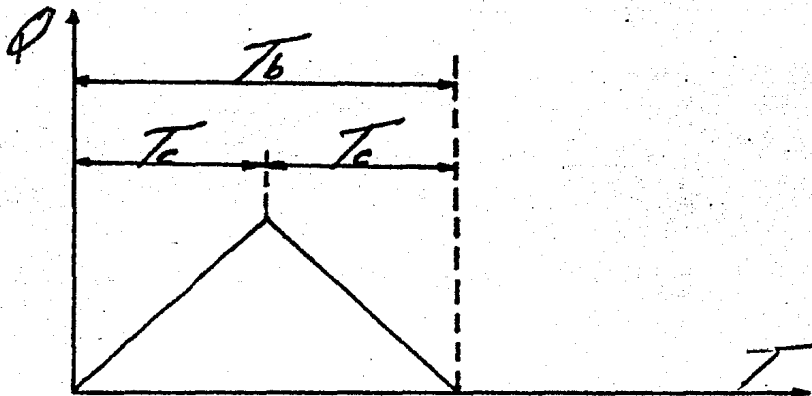
C = Coeficiente de escurrimiento

I = Intensidad de lluvia en cm/hr

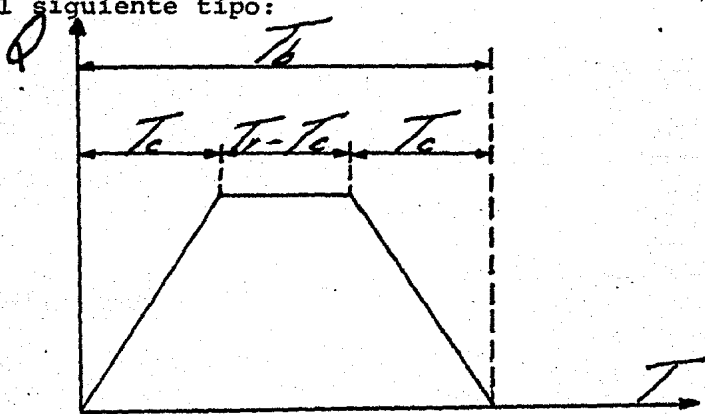
A = Es el área drenada en Ha.

$T_r$  = Es el intervalo de tiempo en segundos

El hidrograma que se presenta es del siguiente tipo.



CASO 2. La duración del intervalo de tiempo ( $T_r$ ) es mayor que el tiempo de concentración ( $T_c$ ), en este caso el pico del hidrograma o gasto máximo se presenta cuando  $T_r = T_c$  pero se mantiene constante durante el lapso  $T_r - T_c$ , cabe aclarar que el gasto máximo se presenta antes de finalizar la tormenta y se calcula como en el caso 1, así como el volumen escurrido y el tiempo base. El hidrograma del flujo en el punto de estudio es del siguiente tipo:



CASO 3. En este caso el tiempo de concentración ( $T_c$ ) es mayor que el intervalo de tiempo ( $T_r$ ) por lo que cuando termina de llover toda el área no contribuye después de que la lluvia termina.

El gasto en el pico del hidrograma se calcula con la fórmula siguiente:

$$Q = 27.78 C I A \left( \frac{2 T_r}{T_r + T_c} \right)$$

Y el volumen escurrido se calcula con la siguiente expresión:

$$V = C_i T_r A$$

El subhidrograma de una subcuenca que drena a una atarjea puede ser expresado en forma matricial.

$$/Q/ = /Y/ /C I A/$$

En la que "Y" representa la ordenada unitaria del hidrograma en cada instante. Los valores de "Y" pueden ser calculados según el caso:

CASO 1 y 2.

$$T_r \leq T_c$$

$$\text{Para } T \leq T_r$$

$$Y = \left( \frac{2 T_r}{T_r + T_c} \right) \frac{T}{T_r}$$

$$\text{Para } T > T_r$$

$$Y = \left( \frac{2 T_r}{T_r + T_c} \right) \left( \frac{T_r + T_c - T}{T_c} \right)$$

CASO 3.

$$T_r > T_c$$

$$\text{Para } T \leq T_c$$

$$Y = \frac{T}{T_c}$$

( 56 )

Para  $T_c < T < T_r$       $Y = 1$

Para  $T \approx T_r$       $Y = \left( \frac{T_r + T_c - T}{T_c} \right)$

A continuación se anota la forma matricial del subhidrograma resultante.

$Y_{01}$	0	0	-	-	-	0	x	$C_1$	$i_1$	A	=	$Q_1$
$Y_{11}$	$Y_{02}$	0	-	-	-	0		$C_2$	$i_2$	A		$Q_2$
$Y_{21}$	$Y_{12}$	$Y_{03}$	-	-	-	0		$C_3$	$i_3$	A		$Q_3$
$Y_{31}$	$Y_{22}$	$Y_{13}$	-	-	-	0		-	-	-		-
-	-	-	-	-	-	-		-	-	-		-
-	-	-	-	-	-	$Y_{0n}$	-	-	-	-	-	
$Y_{n1}$	-	-	-	-	-	$Y_{1n}$	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0	0	0	0	0	0	$Y_{kn}$	$C_n$	$i_n$	A	$Q_{kc}$		

## DISEÑO DEL COLECTOR

El caudal de diseño para el colector es el resultado de transitar hidráulicamente los hidrogramas de las atarjeas.

### V.2. METODOLOGIA Y APLICACION A LA ZONA DE ESTUDIO.

#### MEMORIA DE CALCULO

Para facilitar el proceso se emplearon tablas de calculo, - tratando de seguir la metodología marcada anteriormente para obtener el hidrograma unitario del que se obtendrá el hidrograma de diseño.

PASO 1. Se seleccionó el período de retorno de la tormenta de diseño de 3 años, esto se debe a que las atarjeas resultarían de un diámetro muy grande y consecuentemente antieconómicas para un período de retorno mayor.

PASO 2. Se supuso la duración de la tormenta de 60 minutos por ser un tiempo aproximado al tiempo de concentración ( $T_c$ ) de la cuenca.

Con estos datos se llenan las tablas No.3 y 4

#### TABLA 3. Precipitación Uniforme por Intervalo.

Para hacer mas objetivo el proceso se calcula el primer renglón.

Columna 1. Se indica la duración de la lluvia, supuesta de 60 minutos dividida en intervalos de tiempo ( $T_r$ )-

Columna 2. Se indica el intervalo de tiempo -  
( $T_r$ ) que es de 5 minutos.

Columna 3. Se indica la intensidad máxima para  
cada duración de lluvia ( $T_d$ ).

La fórmula de intensidad de la zona  
en estudio para un periodo de retor  
no de 3 años es la siguiente:

$$i = \frac{1864}{T_d + 11.2}$$

Donde:

$T_d$  = Tiempo de duración de la lluvia

$i$  = Intensidad de lluvia en mm/hr.

Sustituyendo los valores en la  
ecuación:

$$i = \frac{1864}{5 + 11.2} = 115.06$$

$$i = 115.06 \text{ mm/hr}$$

Columna 4. Se indica la altura de lluvia máxi  
ma ( $h_p$ ) para cada duración y se  
calcula con la siguiente expresión:

$$h_p = \frac{T_d \times i}{60}$$

Sustituyendo los valores:

$$h_p = \frac{5 \times 115.06}{60} = 9.59 \text{ mm}$$

$$h_p = 9.59$$

Columna 5. Se indica la altura de lluvia ( $h_p$ ) en cada intervalo y se calcula restando a la altura de lluvia máxima para cada duración, la anterior ya calculada.

$$h_p = 9.59 - 0 = 9.59 \text{ mm}$$

Columna 6. Se indica la intensidad de lluvia - en cada intervalo y se calcula con la siguiente expresión:

$$i = \frac{h_p \times 60}{T_r}$$

Sustituyendo los valores:

$$i = \frac{9.59 \times 60}{5} = 115.08$$

TABLA 4. Hidrograma de diseño

En esta tabla se calculan los valores del hidrograma de diseño, se muestra la integración de la curva S después de haber desplazado los hidrogramas 4 lapsos (0 a 5, 5 a 10, 10 a 15,

15 a 20) para que el pico de hidrograma resulte a los 20 minutos de iniciada la lluvia, ya que según se ha indicado, el pico generalmente se presenta a  $3/8$  del tiempo de duración:

- Columna 1. Se indica el tiempo de duración - ( $T_d$ ).
- Columna 2. Se indica la intensidad de lluvia en cada intervalo, que se calculó en la tabla núm. 3.
- Columna 3. Se indica el desplazamiento del hidrograma de 0 a 5 minutos.
- Columna 4. Se indica el desplazamiento del hidrograma de 5 a 10 minutos.
- Columna 5. Se indica el desplazamiento del hidrograma de 10 a 15 minutos.
- Columna 6. Se indica el desplazamiento del hidrograma de 15 a 20 minutos.
- Columna 7. Se indica el hidrograma de la curva S. Desplazado y se calcula sumando los renglones desde el desplazamiento del hidrograma de 0 a 5 minutos hasta el desplazamiento del hidrograma de 15 a 20 minutos.
- Columna 8. Se indica el hidrograma de diseño que se calcula multiplicando el valor de la curva S. desplazada por el coeficiente 0.25 que resulta de dividir el valor de intervalo de tiempo entre el valor del desplazamiento de la curva S.



$$\frac{\text{Intervalo de tiempo}}{\text{Desplazamiento de la curva S}} = \frac{5 \text{ min}}{20 \text{ min}} = 0.25$$

$$H_d = 115.08 \times 0.25 = 28.77$$

TABLA 5. Datos básicos para diseño de atarjeas.

Columna 1. Se indica el tiempo de duración de lluvia ( $T_d$ ).

Columna 2. Se indica el intervalo de tiempo - ( $T_r$ )

Columna 3. Se indica el coeficiente de escurrimiento calculado con la fórmula de Hoad.

$$C = X \frac{T_r}{T_r + 8} + (1-X) \frac{0.5 T_r}{T_r + 15}$$

$$C = 0.65 \frac{5}{5 + 8} + (1-0.65) \frac{0.5 (5)}{5 + 15}$$

$$C = 0.29$$

Columna 4. Se indica la intensidad de lluvia - ya calculada en la tabla No. 4 Columna 8.

Columna 5. Se indica el tiempo de escurrimiento superficial ( $T_e$ ) y se calcula con la siguiente expresión.

$$T_e = 6.916 \frac{L^{0.6} n^{0.6}}{(C_1)^{0.4} S^{0.3}}$$

$$T_e = 6.916 \frac{(0.50)^{0.6} (0.03)^{0.6}}{(0.29 \times 28.77)^{0.4} (0.002)^{0.3}}$$

$$T_e = 24.36 \text{ minutos}$$

Columna 6. Se indica tiempo de escurrimiento ( $T_s$ ) en el sistema.

El tiempo de escurrimiento se determina fijando la velocidad de acuerdo a la pendiente que tiene el terreno ya que generalmente se planea que el escurrimiento sea de acuerdo a esta.

De acuerdo a la pendiente se fija la velocidad media para conocer el tiempo el tiempo aproximado de escurrimiento en el sistema

$$T_s = \frac{L}{60 \cdot V} \quad V_m = 0.85 \text{ m/seg}$$

$$\text{Long} = 238 \text{ m}$$

$$T_s = \frac{238}{60 (0.85)} = 4.67 \text{ minutos}$$

$$T_s = 4.67 \text{ minutos}$$

Columna 7. Se indica el tiempo de concentración ( $T_c$ ) y se calcula sumando el tiempo de escurrimiento superficial ( $T_e$ ) más el tiempo de escurrimiento en el sistema ( $T_s$ )

$$T_c = T_e + T_s$$

$$T_c = 24.36 + 4.67 = 29.03$$

$$T_c = 29.03 \text{ minutos}$$

Columna 8. Se indica el tiempo base ( $T_b$ ) y se calcula sumando el tiempo de concentración ( $T_c$ ) más el intervalo de tiempo ( $T_r$ )

$$T_b = T_c + T_r$$

$$T_b = 29.03 + 5$$

$$T_b = 34.03 \text{ minutos}$$

TABLA 6. Calculo del hidrograma para la atarjea.

En esta tabla se indica el valor del caudal que pasa por cada atarjea, definido por la solución-matrical propuesta.

Las formulas que se emplean para obtener los resultados del hidrograma son los siguientes:

Para  $T_r = T_c$  y en todos los casos  $T_d \geq T_r$ ;

por lo tanto se emplea:

$$Y = \frac{2 T_r (T_r - T_c - T_d)}{T_r + T_c} T_c$$

Pero como:

$$T_b = T_r + T_c$$

Sustituyendo:

$$Y = \frac{2 T_r}{T_b} \frac{T_b - T_d}{T_c}$$

Las cantidades que se consignan son los gastos calculados con:

$$Q = Y C I A / 3600$$

Donde:

A = Area tributaria de la atarjea (m<sup>2</sup>)

i = Intensidad de lluvia para el intervalo de tiempo indicado en mm/hr

C = Coeficiente de escurrimiento para el intervalo de tiempo indicado.

3600 = Factor para que el gasto resulte en l/s.

Y = Factor calculado con la expresión indicada anteriormente con los valores T<sub>r</sub>, T<sub>b</sub> y T<sub>c</sub> correspondientes al intervalo de tiempo considerado para la intensidad (i). El intervalo de tiempo desde el inicio de la tormenta (T<sub>r</sub>) como el primer valor (5 minutos) para el encabezado de la columna, para el siguiente gasto el segundo lapso (10 minutos) y así sucesivamente hasta que el resultado sea negativo.

Para hacer más objetivo el proceso se calcula la Columna 1 de la tabla No.6 para T<sub>d</sub> = 5 minutos.

Cálculo del gasto

$$Q = C I A / 3600$$

( 65 )

$$Q = 0.29 \times 28.77 \times 14\ 000/3600$$

$$Q = 32.45 \text{ l/s}$$

Calculo de  $Y$  se sustituyen los valores de la tabla Núm. 6 renglón núm. 1 para  $T_d = 5$  minutos.

$$Y = \frac{2 T_r}{T_b} \frac{T_b - T_d}{T_c}$$

$$Y = \frac{2 ( 5 )}{34.03} \frac{34.03 - 5}{29.03} = 0.29$$

$$Y = 0.29$$

Sustituyendo los valores en la siguiente expresión:

$$Q = Y C I A$$

$$Q = 0.29 (32.45) = 9.54$$

$$Q = 9.54 \text{ l/s}$$

Se calcula el valor de  $Y$  sustituyendo los valores de la tabla Núm. 6 renglón 1 para  $T_d = 10$  minutos.

$$Y = \frac{2 T_r}{T_b} \frac{T_b - T_d}{T_c}$$

( 66 )

$$Y = \frac{2 (5)}{34.03} \frac{34.03 - 10}{29.03} = 0.24$$

$$Y = 0.24$$

Sustituyendo los valores para la siguiente expresión:

$$Q = Y \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$Q = 0.24 (32.45) = 7.89$$

$$Q = 7.89 \text{ l/s}$$

Se calcula el valor de Y sustituyendo los valores de la tabla 6 renglón 1. Para  $T_d = 15$  minutos.

$$Y = \frac{2 T_r}{T_b} \frac{T_b - T_d}{T_c}$$

$$Y = \frac{2 (5)}{34.03} \frac{34.03 - 15}{29.03} = 0.19$$

$$Y = 0.19$$

Sustituyendo los valores para la siguiente expresión:

$$Q = Y \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$Q = 0.19 (32.45) = 6.25$$

$$Q = 6.25 \text{ l/s}$$

Realizando los cálculos para los siguientes -  
datos:

$T_d = 20$  minutos ;  $Y = 0.14$  ;  $Q = 4.61$  l/s

$T_d = 25$  minutos ;  $Y = 0.09$  ;  $Q = 2.97$  l/s

$T_d = 30$  minutos ;  $Y = 0.04$  ;  $Q = 1.32$  l/s

$T_d = 35$  minutos ;  $Y = 0.01$  ;  $Q = 0.32$  l/s

Cuando el valor del gasto resulte negativo se anula la columna No. 2 se calcula de la misma forma con los respectivos valores de las variables  $T_b$ ,  $T_c$ ,  $T_r$ , con la variante que para  $T_d=5$  el de Q que resulta se anota un renglón abajo que para el caso anterior. Este proceso es similar para todas las columnas de la tabla de cálculo para el hidrograma de la atarjea.

Para calcular el hidrograma de la atarjea se suman todos los valores de los renglones y se anota el valor en la última columna.

El proceso que se siguió en este proyecto fue el de calcular el hidrograma de todas las atarjeas, sin embargo, una vez calculada una atarjea tipo, las otras pueden ser consideradas proporcionalmente directas al área drenada en base a los siguientes razonamientos:

- a) El valor de "Y" está en función de  $T_d$ ,  $T_r$ ,  $T_c$ , que son casi las mismas en todos los casos o con variaciones de poca diferencia.
- b) En el valor el gasto Q, intervienen la intensidad (i) y el coeficiente de escurrimiento (C) que son los mismos para un tiempo dado.
- c) El área tiene fuerte influencia pero entra en función lineal en la fórmula  $Q=Y C I A$

Finalmente se hubiera podido todavía hacer otra simplificación que consiste en considerar a los hidrogramas, proporcionales a la longitud de atarjeas en lugar del área, ya que de acuerdo al proyecto, el ancho del área tributaria se mantiene constante o casi constante; sin embargo, solo se hace en función del área.

TABLA 7. Suma de Hidrogramas para Diseño del Colector. En esta tabla se obtiene el diseño del colector de la siguiente manera: Se transitan los hidrogramas de las atarjeas y colector; considerando el hidrograma del colector directo y los hidrogramas de las atarjeas desplazados de acuerdo al tiempo de recorrido dentro del sistema ( $T_s$ ).



TABLA No. 3

## PRECIPITACION UNIFORME POR INTERVALO

DURACION DE LA LLUVIA Td (min)	INTERVALO DE TIEMPO Tr (min)	INTENSIDAD MAXIMA PARA CADA DURACION i (mm/hr)	ALTURA DE LLUVIA MAXIMA PARA CADA DURACION hp (mm) (1) x (3)/60	ALTURA DE LLUVIA DE CADA INTERVALO hp (mm)	INTENSIDAD DE LLUVIA EN CADA INTERVALO LO i (mm/hr) (5) x 60/5
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
5	5	115.06	9.58	9.59	115.08
10	5	87.92	14.65	5.06	60.72
15	5	71.15	17.79	3.14	37.68
20	5	59.74	19.91	2.12	25.44
25	5	51.49	21.45	1.54	18.43
30	5	45.24	22.62	1.17	14.04
35	5	40.34	23.54	0.92	11.04
40	5	36.41	24.27	0.73	8.76
45	5	33.17	24.88	0.61	7.32
50	5	30.46	25.38	0.50	6.00
55	5	28.16	25.81	0.43	5.16
60	5	26.18	26.18	0.37	4.44

TABLA No. 4

## HIDROGRAMA DE DISEÑO

Td (min)	i cte por inter (mm/m)	D E S P L A Z A M I E N T O				CURVA S DESPLAZADA	HIDROGRAMA DE DISEÑO	
		0 a 5	5 a 10	10 a 15	15 a 20			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
5	115.08	115.08	0	0	0	115.08	28.77	
10	60.72	60.72	115.08	0	0	175.80	43.95	
15	37.68	37.68	60.72	115.08	0	213.48	53.37	
20	25.44	25.44	37.68	60.72	115.08	238.92	59.73	
25	18.43	18.43	25.44	37.68	60.72	142.27	35.57	
30	14.04	14.04	18.43	25.44	37.68	95.59	23.90	
35	11.04	11.04	14.04	18.43	25.44	68.95	17.24	
40	8.76	8.76	11.04	14.04	18.43	52.27	13.07	
45	7.32	7.32	8.76	11.04	14.04	41.16	10.29	
50	6.00	6.00	7.32	8.76	11.04	33.12	8.28	
55	5.16	5.16	6.00	7.32	8.76	27.24	6.81	
60	4.44	4.44	5.16	6.00	7.32	22.92	5.73	
65			4.44	5.16	6.00	15.60	3.90	
70				4.44	5.16	9.60	2.40	
75					4.44	4.44	1.11	
= 314.11 mm							= 314.12 mm	

TABLA No. 5

## DATOS BASICOS PARA DISEÑOS DE ATARJEAS

TRAMO 21-14

Tiempo desde el inicio de la tormenta t	Intervalo de tiempo tr	Coef. de Esc. c	Intensidad de lluvia (hietograma) i	Tiempo escurr. sup. te	Tiempo esc. sist. ts	Tiempo de concentr. (te + ts) tc	Tiempo base (tc + tr) tb
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
5	5	0.29	28.77	24.36	4.67	29.03	34.03
10	5	0.43	43.95	17.56	4.67	22.23	27.23
15	5	0.51	53.37	15.18	4.67	19.85	24.85
20	5	0.56	59.73	13.98	4.67	18.65	23.65
25	5	0.60	35.57	16.73	4.67	21.40	26.40
30	5	0.63	23.90	19.24	4.67	23.91	28.91
35	5	0.65	17.24	21.65	4.67	26.32	31.32
40	5	0.67	13.07	23.89	4.67	28.56	33.56
45	5	0.68	10.29	26.14	4.67	30.81	35.81
50	5	0.69	8.28	28.34	4.67	33.01	38.01
55	5	0.70	6.81	30.47	4.67	35.14	40.14
60	5	0.71	5.73	32.47	4.67	37.14	42.14
65	5	0.72	3.90	37.66	4.67	42.33	47.33
70	5	0.73	2.40	45.46	4.67	50.15	55.15
75	5	0.73	1.11	61.91	4.67	66.58	71.58

## DATOS

L = 238 m  
 Vm = 0.85 m/seg.  
 S = 0.002  
 n = 0.03

TABLA No. 5

## DATOS BASICOS PARA DISEÑOS DE ATARJEAS

TRAMO 29 - 14

Tiempo desde el inicio de la tormenta t	Intervalo de tiempo tr	Coef. de Esc. c	Intensidad de lluvia (hietograma) i	Tiempo escurr. sup. te	Tiempo esc. sist. ts	Tiempo de concentr. (te + ts) tc	Tiempo base (tc + tr) tb
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
5	5	0.29	28.77	24.36	6.63	30.99	35.99
10	5	0.43	43.95	17.56	6.63	24.19	29.19
15	5	0.51	53.37	15.18	6.63	21.81	26.81
20	5	0.56	59.73	13.98	6.63	20.61	25.61
25	5	0.60	35.57	16.73	6.63	23.36	28.36
30	5	0.63	23.90	19.24	6.63	25.87	30.87
35	5	0.65	17.24	21.65	6.63	28.28	33.28
40	5	0.67	13.07	23.89	6.63	30.52	35.52
45	5	0.68	10.29	26.14	6.63	32.77	37.77
50	5	0.69	8.28	28.34	6.63	34.97	39.97
55	5	0.70	6.81	30.47	6.63	37.10	42.10
60	5	0.71	5.73	32.47	6.63	39.10	44.10
65	5	0.72	3.90	37.66	6.63	44.29	49.29
70	5	0.73	2.40	45.48	6.63	52.11	57.11
75	5	0.73	1.11	61.91	6.63	68.54	73.54

## DATOS

L = 338  
 Vm = 0.85 m/seg.  
 S = 0.002  
 n = 0.02

TABLA No. 5  
DATOS BASICOS PARA DISEÑOS DE ATARJEAS

TRAMO 40 - 12

Tiempo desde el inicio de la tormenta t	Intervalo de tiempo tr	Coef. da Esc. c	Intensidad de lluvia (hietograma) i	Tiempo escurr. sup. te	Tiempo esc. sist. ts	Tiempo de concentr. (te + ts) tc	Tiempo base (tc + tr) tb
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
5	5	0.29	28.77	24.36	11.20	35.56	40.56
10	5	0.43	43.95	17.56	11.20	28.76	33.76
15	5	0.51	53.37	15.18	11.20	26.38	31.38
20	5	0.56	59.73	13.98	11.20	25.18	30.18
25	5	0.60	35.57	16.73	11.20	27.93	32.93
30	5	0.63	23.90	19.24	11.20	30.44	35.44
35	5	0.65	17.24	21.65	11.20	32.85	37.85
40	5	0.67	13.07	23.89	11.20	35.09	40.09
45	5	0.68	10.29	26.14	11.20	37.34	42.34
50	5	0.69	8.28	28.34	11.20	39.54	44.54
55	5	0.70	6.81	30.47	11.20	41.67	46.67
60	5	0.71	5.73	32.47	11.20	43.67	48.67
65	5	0.72	3.90	37.66	11.20	48.86	53.86
70	5	0.72	2.40	45.48	11.20	56.68	61.68
75	5	0.73	1.11	61.91	11.20	73.11	78.11

## DATOS

L = 571  
Vm = 0.85 m/seg.  
S = 0.002  
n = 0.03

TABLA No. 5  
 DATOS BASICOS PARA DISEÑOS DE ATARJEAS

TRAMO 14 - 12

Tiempo desde el inicio de la tormenta t	Intervalo de tiempo tr	Coef. de Esc. c	Intensidad de lluvia (hietograma) i	Tiempo escurr. sup. te	Tiempo esc. sist. ts	Tiempo de concentr. (te + ts) tc	Tiempo base (tc + tr) tb
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
5	5	0.29	28.77	24.36	2.65	27.01	32.01
10	5	0.43	43.95	17.56	2.65	20.21	25.21
15	5	0.51	53.37	15.18	2.65	17.83	22.83
20	5	0.56	59.73	13.98	2.65	16.63	21.63
25	5	0.60	35.57	16.73	2.65	19.38	24.38
30	5	0.63	23.90	19.24	2.65	21.89	26.89
35	5	0.65	17.24	21.65	2.65	24.30	29.30
40	5	0.67	13.07	23.89	2.65	26.54	31.54
45	5	0.68	10.29	26.14	2.65	28.79	33.79
50	5	0.69	8.28	28.34	2.65	30.99	35.99
55	5	0.70	6.81	30.47	2.65	33.12	38.12
60	5	0.71	5.73	32.47	2.65	35.12	40.12
65	5	0.72	3.90	37.66	2.65	40.31	45.31
70	5	0.73	2.40	45.48	2.65	48.13	53.13
75	5	0.73	1.11	61.91	2.65	64.56	69.66

## DATOS

L = 135  
 Vm = 0.85 m/seg.  
 S = 0.03

( . 75 )

TABLA No. 5

DATOS BASICOS PARA DISEÑOS DE ATARJEAS

TRAMO 10 - 12

Tiempo desde el inicio de la tormenta t	Intervalo de tiempo tr	Coef. de Esc. c	Intensidad de lluvia (hietograma) i	Tiempo escurr. sup. te	Tiempo esc. sist. ts	Tiempo de concentr. (te + ts) tc	Tiempo base (tc + tr) tb
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
5	5	0.29	28.77	24.36	2.61	26.97	31.97
10	5	0.43	43.95	17.56	2.61	20.17	25.17
15	5	0.51	53.37	15.18	2.61	17.79	22.79
20	5	0.56	59.73	13.98	2.61	16.59	21.59
25	5	0.60	35.57	16.73	2.61	19.34	24.34
30	5	0.63	23.90	19.24	2.61	21.85	26.85
35	5	0.65	17.24	21.65	2.61	24.26	29.26
40	5	0.67	13.07	23.89	2.61	26.50	31.50
45	5	0.68	10.29	26.14	2.61	28.75	33.75
50	5	0.69	8.28	28.34	2.61	30.95	35.95
55	5	0.70	6.81	30.47	2.61	33.08	38.08
60	5	0.71	5.73	32.47	2.61	35.08	40.08
65	5	0.72	3.90	37.66	2.61	40.27	45.27
70	5	0.73	2.40	45.40	2.61	48.09	53.09
75	5	0.73	1.11	61.91	2.61	64.56	69.56

DATOS

L = 133 m.  
Vh = 0.85 m/seg.  
S = 0.002  
n = 0.03

( 76 )

TABLA No. 5

DATOS BASICOS PARA DISEÑOS DE ATARJEAS

TRAMO 74 - 10

Tiempo desde el inicio de la tormenta t	Intervalo de tiempo tr	Cof. de Esc. c	Intensidad de lluvia (hietograma) i	Tiempo escurr. sup. te	Tiempo esc. sist. ts	Tiempo de concentr. (te + ts) tc	Tiempo base (tc + tr) tb
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
5	5	0.29	28.77	24.36	16.16	40.52	45.52
10	5	0.43	43.95	17.56	16.16	33.72	38.72
15	5	0.51	53.37	15.18	16.16	31.34	36.34
20	5	0.56	59.73	13.98	16.16	30.14	35.14
25	5	0.60	35.57	16.73	16.16	32.89	37.89
30	5	0.63	23.90	19.24	16.16	35.40	40.40
35	5	0.65	17.24	21.65	16.16	37.81	42.81
40	5	0.67	13.07	23.89	16.16	40.05	45.05
45	5	0.68	10.29	26.14	16.16	42.30	47.30
50	5	0.69	8.28	28.34	16.16	44.50	49.50
55	5	0.70	6.81	30.47	16.16	46.63	51.63
60	5	0.71	5.73	32.47	16.16	48.63	53.63
65	5	0.72	3.90	37.66	16.16	53.82	58.82
70	5	0.73	2.40	45.48	16.16	61.64	66.64
75	5	0.73	1.11	61.91	16.16	78.07	83.07

L = 824 m.  
 Vm = 0.85 m/seg.  
 S = 0.002  
 n = 0.03



TABLA No. 5

## DATOS BASICOS PARA DISEÑOS DE ATARJEAS

TRAMO 10 - 8

Tiempo desde el inicio de la tormenta t	Intervalo de tiempo tr	Coef. de Esc. c	Intensidad de lluvia (hietograma) i	Tiempo escurr. sup. te	Tiempo esc. sist. ts	Tiempo de concentr. (te + ts) tc	Tiempo base (tc + tr) tb
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
5	5	0.29	28.77	24.36	2.55	26.91	31.91
10	5	0.43	43.95	17.56	2.55	20.11	25.11
15	5	0.51	53.37	15.18	2.55	17.73	22.73
20	5	0.56	59.73	13.98	2.55	16.53	21.53
25	5	0.60	35.57	16.73	2.55	19.28	24.28
30	5	0.63	23.90	19.24	2.55	21.79	26.79
35	5	0.65	17.24	21.65	2.55	24.20	29.20
40	5	0.67	13.07	23.89	2.55	26.44	31.44
45	5	0.68	10.29	26.14	2.55	28.69	33.69
50	5	0.69	8.28	28.34	2.55	30.89	35.89
55	5	0.70	6.81	30.47	2.55	33.02	38.02
60	5	0.71	5.73	32.47	2.55	35.02	40.02
65	5	0.72	3.90	37.66	2.55	40.21	45.21
70	5	0.73	2.40	45.42	2.55	48.03	53.03
75	5	0.73	1.11	61.91	2.55	64.46	69.46

## DATOS

L = 130 m  
 V<sub>m</sub> = 0.85 m /seg.  
 S = 0.002  
 n = 0.03

TABLA No. 5

## DATOS BASICOS PARA DISEÑOS DE ATARJEAS

TRAMO 74 -8

Tiempo desde el inicio de la tormenta t	Intervalo de tiempo tr	Coef. de Esc. c	Intensidad de lluvia (hietograma) i	Tiempo escurr. sup. te	Tiempo esc. sist. ts	Tiempo de concentr. (te + ts) tc	Tiempo base (tc + tr) tb
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
5	5	0.29	28.77	24.36	18.71	43.07	48.07
10	5	0.43	43.95	17.56	18.71	36.27	41.27
15	5	0.51	53.37	15.18	18.71	33.89	38.89
20	5	0.56	59.73	13.98	18.71	32.69	37.69
25	5	0.60	35.57	16.73	18.71	35.44	40.44
30	5	0.63	23.90	19.24	18.71	37.95	42.95
35	5	0.65	17.24	21.65	18.71	40.36	45.36
40	5	0.67	13.07	23.89	18.71	42.60	47.60
45	5	0.68	10.29	26.14	18.71	44.85	49.85
50	5	0.69	8.28	28.34	18.71	47.05	52.05
55	5	0.70	6.81	30.47	18.71	49.18	54.18
60	5	0.71	5.73	32.47	18.71	51.18	56.18
65	5	0.72	3.90	37.66	18.71	56.37	61.37
70	5	0.73	2.40	45.48	18.71	64.19	69.19
75	5	0.73	1.11	61.91	18.71	80.62	85.62

## DATOS

L = 954 m  
 Vm = 0.85 m/seg.  
 S = 0.002  
 n = 0.03

TABLA No. 5  
DATOS BÁSICOS PARA DISEÑOS DE ATARJEAS

TRAMO 8 - 6

Tiempo desde el inicio de la tormenta t	Intervalo de tiempo tr	Coef. de Esc. c	Intensidad de lluvia (hietograma) i	Tiempo escurr. sup. te	Tiempo esc. sist. ts	Tiempo de concentr. (te + ts) tc	Tiempo base (tc + tr) tb
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
5	5	0.29	23.77	24.36	2.84	27.20	32.20
10	5	0.43	43.95	17.56	2.84	20.40	25.40
15	5	0.51	53.37	15.18	2.84	18.02	23.02
20	5	0.56	59.73	13.98	2.84	16.82	21.82
25	5	0.60	35.57	16.73	2.84	19.57	24.57
30	5	0.63	23.90	19.24	2.84	22.08	27.08
35	5	0.65	17.24	21.65	2.84	24.49	29.49
40	5	0.67	13.07	23.89	2.84	26.73	31.73
45	5	0.68	10.29	26.14	2.84	28.98	33.98
50	5	0.69	8.28	28.34	2.84	31.18	36.18
55	5	0.70	6.81	30.47	2.84	33.31	38.31
60	5	0.71	5.73	32.47	2.84	35.31	40.31
65	5	0.72	3.90	37.66	2.84	40.50	45.50
70	5	0.73	2.40	45.48	2.84	48.32	53.32
75	5	0.73	1.11	61.91	2.84	64.75	69.75

## DATOS

L = 145 m  
Vm = 0.85 m/seg  
S = 0.002  
n = 0.003

TABLA No. 5

## DATOS BASICOS PARA DISEÑOS DE ATARJEAS

TRAMO 74 - 6

Tiempo desde el inicio de la tormenta t	Intervalo de tiempo tr	Coef. de Esc. c	Intensidad de lluvia (hietograma) i	Tiempo escurr. sup. te	Tiempo esc. sist. ts	Tiempo de concentr. (te + ts) tc	Tiempo base (tc + tr) tb
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
5	5	0.29	28.77	24.36	25.98	50.34	55.34
10	5	0.43	43.95	17.56	25.98	43.54	48.54
15	5	0.51	53.37	15.18	25.98	41.16	46.16
20	5	0.56	59.73	13.98	25.98	39.96	44.96
25	5	0.60	35.57	16.73	25.98	42.71	47.71
30	5	0.63	23.90	19.24	25.98	45.22	50.22
35	5	0.65	17.24	21.65	25.98	47.63	52.63
40	5	0.67	13.07	23.89	25.98	49.87	54.87
45	5	0.68	10.29	26.14	25.98	52.12	57.12
50	5	0.69	8.28	28.34	25.98	54.32	59.32
55	5	0.70	6.81	30.47	25.98	56.45	61.45
60	5	0.71	5.73	32.47	25.98	58.45	63.45
65	5	0.72	3.90	37.66	25.98	63.64	68.64
70	5	0.73	2.40	45.48	25.98	71.46	76.46
75	5	0.73	1.11	61.91	25.98	87.89	92.89

## DATOS

L = 1.325 m  
 Vm = 0.85 m/seg.  
 S = 0.002  
 n = 0.03

TABLA No. 5

## DATOS BASICOS PARA DISEÑOS DE ATARJAS

TRAMO 6 - 4

Tiempo desde el inicio de la tormenta t (1)	Intervalo de tiempo tr (2)	Coef. de Esc. c (3)	Intensidad de lluvia (hietograma) i (4)	Tiempo escurr. sup. te (5)	Tiempo esc. sist. ts (6)	Tiempo de concentr. (ta + ts) tc (7)	Tiempo base (tc + tr) tb (8)
5	5	0.29	28.77	24.36	2.61	26.97	31.97
10	5	0.43	43.95	17.56	2.61	20.17	25.17
15	5	0.51	53.37	15.18	2.61	17.79	22.79
20	5	0.56	59.73	13.98	2.61	16.59	21.59
25	5	0.60	35.57	16.73	2.61	19.34	24.34
30	5	0.63	23.90	19.24	2.61	21.85	26.85
35	5	0.65	17.24	21.65	2.61	24.26	29.26
40	5	0.67	13.07	23.89	2.61	26.50	31.50
45	5	0.68	10.29	26.14	2.61	28.75	33.75
50	5	0.69	8.28	28.34	2.61	30.95	35.95
55	5	0.70	6.81	30.47	2.61	33.08	38.08
60	5	0.71	5.73	32.47	2.61	35.08	40.08
65	5	0.72	3.90	37.56	2.61	40.27	45.27
70	5	0.73	2.40	45.48	2.61	48.09	53.09
75	5	0.73	1.11	61.91	2.61	64.52	69.52

## DATOS

L = 133 m  
 Vm = 0.85 m/sec  
 S = 0.002  
 n = 0.03

TABLA No. 5

## DATOS BASICOS PARA DISEÑOS DE ATARJEAS

TRAMO 67 - 4

Tiempo desde el inicio de la tormenta t (1)	Intervalo de tiempo tr (2)	Coef. de Esc. c (3)	Intensidad de lluvia (hietograma) i (4)	Tiempo escurr. sup. te (5)	Tiempo esc. sist. ts (6)	Tiempo de concentr. (te + ts) tc (7)	Tiempo base (tc + tr) tb (8)
5	5	0.29	28.77	24.36	22.31	46.67	51.67
10	5	0.43	43.95	17.56	22.31	39.87	44.87
15	5	0.51	53.37	15.18	22.31	37.49	42.49
20	5	0.56	59.73	13.98	22.31	36.29	41.29
25	5	0.60	35.57	16.73	22.31	39.04	44.04
30	5	0.63	23.90	19.24	22.31	41.55	46.55
35	5	0.65	17.24	21.65	22.31	43.96	48.96
40	5	0.67	13.07	23.89	22.31	46.20	51.20
45	5	0.68	10.29	26.14	22.31	48.45	53.45
50	5	0.69	8.28	28.34	22.31	50.65	55.65
55	5	0.70	6.81	30.47	22.31	52.78	57.78
60	5	0.71	5.73	32.47	22.31	54.78	59.78
65	5	0.72	3.90	37.66	22.31	59.97	64.97
70	5	0.73	2.40	45.48	22.31	67.79	72.79
75	5	0.73	1.11	61.91	22.31	84.22	89.22

## DATOS

L = 1 138 m  
 Vm = 0.85 m/seg  
 S = 0.002  
 n = 0.03

TABLA No. 5

## DATOS BASICOS PARA DISEÑOS DE ATARJEAS

TRAMO 4 - 2

Tiempo desde el inicio de la tormenta t	Intervalo de tiempo tr	Coef. de Esc. c	Intensidad de lluvia (hietograma) i	Tiempo escurr. sup. te	Tiempo esc. sist. ts	Tiempo de concentr. (te + ts) tc	Tiempo base (tc + tr) tb
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
5	5	0.29	28.77	24.36	2.25	26.61	31.61
10	5	0.43	43.95	17.56	2.25	19.81	24.81
15	5	0.51	53.37	15.18	2.25	17.43	22.43
20	5	0.56	59.73	13.98	2.25	16.23	21.23
25	5	0.60	35.57	16.73	2.25	18.98	23.98
30	5	0.63	23.90	19.24	2.25	21.49	26.49
35	5	0.65	17.24	21.65	2.25	23.90	28.90
40	5	0.67	13.07	23.89	2.25	26.14	31.14
45	5	0.68	10.29	26.14	2.25	28.39	33.39
50	5	0.69	8.28	28.34	2.25	30.59	35.59
55	5	0.70	6.81	30.47	2.25	32.72	37.72
60	5	0.71	5.73	32.47	2.25	34.72	39.72
65	5	0.72	3.90	37.66	2.25	39.91	44.91
70	5	0.73	2.40	45.48	2.25	47.73	52.73
75	5	0.73	1.11	61.91	2.25	64.16	69.16

## DATOS

L = 115 m  
 Vm = 0.85 m/seg  
 S = 0.002  
 n = 0.003

TABLA No. 5

## DATOS BASICOS PARA DISEÑOS DE ATARJEAS

TRAMO 2 - 88

Tiempo desde el inicio de la tormenta t	Intervalo de tiempo tr	Coef. de Esc. c	Intensidad de lluvia (hietograma) i	Tiempo escurr. sup. ts	Tiempo esc. sist. ts	Tiempo de concentr. (te + ts) tc	Tiempo base (tc + tr) tb
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
5	5	0.29	28.77	24.36	23.37	47.73	52.73
10	5	0.43	43.95	17.56	23.37	40.93	45.93
15	5	0.51	53.37	15.18	23.37	38.55	43.55
20	5	0.56	59.73	13.98	23.37	37.35	42.35
25	5	0.60	35.57	16.73	23.37	40.10	45.10
30	5	0.63	23.90	19.24	23.37	42.61	47.61
35	5	0.65	17.24	21.65	23.37	45.02	50.02
40	5	0.67	13.07	23.89	23.37	47.26	52.26
45	5	0.68	10.29	26.14	23.37	49.51	54.51
50	5	0.69	8.28	28.34	23.37	51.71	56.71
55	5	0.70	6.81	30.47	23.37	53.84	58.84
60	5	0.71	5.73	32.47	23.37	55.84	60.84
65	5	0.72	3.90	37.66	23.37	61.03	66.03
70	5	0.73	2.40	45.48	23.37	68.85	73.85
75	5	0.73	1.11	61.91	23.37	85.28	90.28

## DATOS

L = 1 192 m  
 Vm = 0.85 m/seg  
 S = 0.002  
 n = 0.03



TABLA No. 5

## DATOS BASICOS PARA DISEÑOS DE ATARJEAS

TRAMO 2 - 1

Tiempo desde el inicio de la tormenta t	Intervalo de tiempo tr	Coef. de Esc. c	Intensidad de lluvia (hietograma) i	Tiempo escurr. sup. te	Tiempo esc. sist. ts	Tiempo de concentr. (te + ts) tc	Tiempo base (tc + tr) tb
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
5	5	0.29	28.77	24.36	0.59	24.95	29.95
10	5	0.43	43.95	17.56	0.59	18.15	23.15
15	5	0.51	53.37	15.18	0.59	15.77	20.77
20	5	0.56	59.73	13.98	0.59	14.57	19.57
25	5	0.60	35.57	16.73	0.59	17.32	22.32
30	5	0.63	23.90	19.24	0.59	19.83	24.83
35	5	0.65	17.24	21.65	0.59	22.24	27.24
40	5	0.67	13.07	23.89	0.59	24.48	29.48
45	5	0.68	10.29	26.14	0.59	26.73	31.73
50	5	0.69	8.28	28.34	0.59	28.93	33.93
55	5	0.70	6.81	30.47	0.59	31.06	36.06
60	5	0.71	5.73	32.47	0.59	33.06	38.06
65	5	0.72	3.90	37.66	0.59	38.25	43.25
70	5	0.73	2.40	45.48	0.59	46.07	51.07
75	5	0.73	1.11	61.91	0.59	62.50	67.50

## DATOS

L = 30 m  
 Vm = 0.85 m/seg  
 S = 0.002  
 n = 0.03

TABLA No. 6

AREA= 14,000 m<sup>2</sup>

TTRND= 21-14

T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	Q
CIA																
3600	32.45	73.49	105.85	130.08	83.00	58.56	43.58	34.05	27.21	22.22	18.54	15.82	10.92	5.31	3.15	
5	9.54															9.54
10	7.89	26.99														34.88
15	6.25	20.92	42.60													69.77
20	4.61	14.85	31.87	55.00												105.33
25	2.97	8.78	21.14	40.26	31.44											164.59
30	1.32	2.71	10.41	25.51	24.09	20.26										84.30
35				10.76	16.75	16.02	13.91									57.44
40					9.40	11.78	11.27	10.15								42.60
45					2.06	7.55	8.63	8.37	7.60							34.21
50						3.31	5.98	6.59	6.37	5.85						28.10
55							3.34	4.82	5.13	4.96	4.62					22.87
60							0.70	3.04	3.90	4.07	3.96	3.75				19.42
65								1.26	2.67	3.19	3.30	3.25	2.31			15.93
70									1.43	2.30	2.65	2.74	2.03	1.23		12.38
75									0.20	1.42	1.99	2.24	1.76	1.11	0.44	9.16
80										0.53	1.33	1.73	1.49	0.99	0.41	6.48
85											0.68	1.23	1.22	0.87	0.37	4.37
90											0.02	0.72	0.94	0.74	0.34	2.76
95												0.22	0.67	0.62	0.31	1.82
100													0.40	0.50	0.27	1.17
105													0.13	0.37	0.24	0.74
110														0.25	0.21	0.46
115														0.13	0.18	0.31
120															0.14	0.14

T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	Q
CIA SECU	46.35	104.99	171.22	185.83	118.57	83.95	62.26	48.65	39.87	31.74	26.48	22.60	19.69	17.13	14.56	
5	12.86															12.86
10	19.60	35.97														46.77
15	8.72	28.53	56.40													93.65
20	6.64	31.10	43.47	73.56												143.77
25	4.57	13.66	30.54	54.96	41.81											145.54
30	2.49	6.23	17.61	37.35	32.86	27.19										128.73
35	0.41		4.68	19.75	23.91	21.94	18.71									89.40
40				2.15	14.96	16.68	15.40	13.70								62.89
45					6.01	11.43	12.09	11.45	10.29							51.27
50						6.17	8.79	9.21	8.72	7.94						40.83
55						0.91	5.48	6.96	7.15	6.81	6.29					33.60
60							2.17	4.72	5.58	5.67	5.44	5.48				29.06
65								2.48	4.01	4.53	4.59	4.78	3.20			23.59
70								0.23	2.44	3.40	3.75	4.08	2.84	1.72		18.46
75									0.87	2.26	2.90	3.38	2.43	1.56	0.62	14.07
80										1.13	2.05	2.68	2.12	1.39	0.57	9.94
85											1.20	1.97	1.76	1.23	0.53	6.69
90											0.36	1.27	1.39	1.06	0.48	4.56
95												0.57	1.03	0.90	0.44	2.94
100													0.67	0.73	0.39	1.79
105													0.31	0.57	0.35	1.23
110														0.40	0.30	0.70
115														0.24	0.26	0.50
120														0.07	0.21	0.23

( 82 )

## CALCULO DEL HIDROGRAMA PARA LA MAREA

TABLA No. 6

AREA= 33,700 m<sup>2</sup> TRAMO= 40-12

T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	Q
CIA 3600	78.10	176.91	254.80	313.12	199.78	140.95	104.90	81.97	65.50	53.48	44.62	38.09	26.29	16.40	7.59	
5	19.26															19.26
10	16.55	52.40														68.95
15	13.84	43.29	81.20													138.33
20	11.13	34.18	65.81	103.75												214.87
25	8.43	25.07	50.42	83.15	60.67											227.74
30	5.72	15.96	35.03	62.55	49.81	39.77										208.84
35	3.01	6.85	19.64	41.95	38.95	33.24	27.71									171.35
40	0.30		4.25	21.34	28.09	26.71	23.50	20.45								124.64
45				0.74	17.23	20.17	19.28	17.53	15.47							90.42
50					6.36	13.64	15.06	14.62	13.40	12.01						75.09
55						7.11	10.84	11.71	11.33	10.49	9.56					61.04
60						0.57	6.62	8.79	9.26	8.97	8.41	7.82				50.44
65							2.40	5.88	7.18	7.45	7.27	6.93	4.88			41.99
70								2.97	5.11	5.93	6.12	6.03	4.38	2.66		33.20
75								0.05	3.04	4.42	4.97	5.14	3.08	2.42	0.97	24.09
80									0.97	2.90	3.82	4.24	3.38	2.19	0.91	18.41
85										1.38	2.68	3.35	2.88	1.96	0.84	13.09
90											1.53	2.45	2.38	1.72	0.77	8.55
95											0.38	1.53	1.88	1.49	0.71	5.99
100												0.66	1.38	1.25	0.64	3.93
105													0.89	1.02	0.57	2.48
110													0.39	0.78	0.51	1.68
115														0.55	0.44	0.99
120														0.31	0.37	0.68

( 89 )

## CALCULO DEL HIDROGRAMA PARA LA ATARJEA

TABLA No. 6

AREA=7,900 m<sup>2</sup>

TRAMO= 14 - 12

T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	Q
CIA 3600	18.31	41.47	59.73	73.40	46.83	33.04	24.59	19.22	15.35	12.54	10.46	8.93	6.16	3.84	1.78	
5	5.72															5.72
10	4.66	16.45														21.11
15	3.60	12.38	26.16													42.14
20	2.54	8.31	18.83	33.93												63.61
25	1.48	4.24	11.49	23.73	19.21											60.15
30	0.43	0.17	4.15	13.53	14.25	12.29										44.82
35				3.33	9.30	9.48	8.39									30.50
40					4.34	6.67	6.67	6.09								23.77
45						3.87	4.94	4.95	4.54							18.30
50						1.06	3.21	3.80	3.75	3.48						15.30
55							1.49	2.65	2.96	2.92	2.74					12.76
60								1.50	2.18	2.36	2.33	2.23				10.60
65								0.35	1.39	1.80	1.92	1.91	1.36			8.73
70									0.60	1.24	1.50	1.59	1.19	0.72		6.84
75										0.67	1.09	1.28	1.02	0.65	0.26	4.97
80										0.11	0.67	0.96	0.85	0.57	0.24	3.40
85											0.26	0.64	0.68	0.50	0.22	2.30
90												0.12	0.52	0.42	0.20	1.46
95												0.01	0.35	0.35	0.18	0.89
100													0.18	0.27	0.16	0.61
105													0.01	0.20	0.14	0.35
110														0.12	0.12	0.24
115														0.05	0.10	0.15
120															0.08	0.08

( 0 )

## CALCULO DEL HIDROGRAMA PARA LA ATARJEA

TABLA No. 6

AREA= 7,800 m<sup>2</sup>

TRAMO= 10 -12

T	.5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	Q
CIA 3600	18.08	40.95	58.97	72.47	46.24	32.62	24.28	18.97	15.16	12.38	10.33	8.81	6.08	3.80	1.76	
5	5.66															5.66
10	4.61	16.27														20.88
15	3.56	12.24	25.88													41.68
20	2.51	8.20	18.60	33.57												29.31
25	1.46	4.17	11.33	23.45	19.00											59.41
30	0.41	0.14	4.06	13.33	14.09	12.15										44.18
35				3.22	9.17	9.37	8.30									30.06
40					4.26	6.59	6.59	6.02								23.46
45						3.81	4.88	4.89	4.49							18.07
50						1.03	3.17	3.75	3.71	3.44						15.10
55							1.46	2.61	2.93	2.89	2.71					12.60
60								1.48	2.15	2.33	2.30	2.20				10.46
65								0.34	1.37	1.77	1.89	1.88	1.34			8.59
70									0.59	1.22	1.48	1.57	1.18	0.72		6.76
75										0.66	1.07	1.26	1.01	0.64	0.25	4.89
80										0.11	0.66	0.94	0.84	0.57	0.23	3.35
85											0.25	0.63	0.68	0.49	0.21	2.26
90												0.32	0.51	0.42	0.19	1.44
95												0.01	0.34	0.34	0.17	0.86
100													0.18	0.27	0.16	0.61
105													0.01	0.19	0.14	0.34
110														0.12	0.12	0.24
115														0.05	0.10	0.15
120															0.08	0.08

( 91 )

## CALCULO DEL HIDROGRAMA PARA LA ATARJEA

TABLA No. 6

AREA= 48,500 m<sup>2</sup> TRAMO= 74 - 10

T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	Q
CIA 3600	112.40	254.60	366.70	450.63	287.52	202.85	150.97	117.97	94.27	76.97	64.22	54.81	37.83	23.60	10.92	
5	24.69															24.69
10	21.65	65.75														87.40
15	18.60	56.00	100.91													175.51
20	15.55	46.25	84.81	128.24												274.95
25	12.50	36.50	68.71	106.96	75.88											224.67
20	9.46	26.75	52.61	85.69	64.35	50.21										289.07
35	6.41	17.00	36.51	64.42	52.81	43.12	35.27									255.54
40	3.36	7.25	20.41	43.14	41.28	36.03	30.60	26.19								208.26
45	0.32		4.31	21.87	29.74	28.93	25.94	22.92	19.93							153.96
50				0.60	18.20	21.84	21.27	19.65	17.57	15.55						114.68
55					6.67	14.75	16.61	16.38	15.22	13.80	12.44					95.87
60						7.66	11.95	13.11	12.86	12.06	11.10	10.22				78.96
65						0.57	7.28	9.84	10.51	10.31	9.77	9.17	6.43			63.88
70							2.62	6.57	8.15	8.56	8.44	8.12	5.83	3.54		51.83
75								3.30	5.80	6.81	7.10	7.07	5.24	3.25	1.31	39.88
20								0.03	3.44	5.07	5.77	6.02	4.64	2.97	1.23	29.17
85									1.08	3.32	4.44	4.97	4.04	2.68	1.15	21.68
90										1.57	3.10	3.92	3.44	2.39	1.06	15.48
95											1.77	2.86	2.85	2.11	0.98	10.57
100											0.43	1.81	2.25	1.82	0.89	7.20
105												0.76	1.65	1.53	0.81	4.75
110													1.05	1.24	0.73	3.02
115													0.46	0.96	0.64	2.06
120														0.67	0.56	1.23

T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	Q
CIA 3600	17.61	39.90	57.46	70.61	45.06	31.79	23.66	18.49	14.77	12.06	10.06	8.59	5.93	3.70	1.71	
5	5.52															5.52
10	4.49	15.89														20.38
15	3.47	11.94	25.28													40.69
20	2.44	7.99	18.15	32.80												61.38
25	1.42	4.04	11.02	22.88	18.56											57.92
30	0.39	0.09	3.89	12.96	13.75	11.87										42.95
35				3.04	8.93	9.14	8.10									29.21
40					4.12	6.42	6.43	5.88								22.85
45						3.70	4.75	4.77	4.38							17.60
50						0.97	3.08	3.66	3.62	3.36						14.69
55							1.41	2.54	2.86	2.82	2.65					12.28
60								1.43	2.09	2.27	2.25	2.15				10.19
65								0.32	1.33	1.73	1.84	1.84	1.31			8.37
70									0.56	1.18	1.44	1.53	1.15	0.70		6.56
75										0.64	1.04	1.23	0.99	0.63	0.25	4.78
80											0.10	0.64	0.92	0.82	0.55	3.26
85												0.24	0.61	0.66	0.48	2.20
90													0.31	0.50	0.41	1.41
95														0.33	0.33	0.83
100														0.17	0.26	0.58
105														0.01	0.19	0.33
110															0.12	0.23
115															0.04	0.13
120															0.07	0.07



## ( 93 ) CALCULO DEL HIDROGRAMA PARA LA ATARJEA

TABLA No. 6

AREA= 56,100 m<sup>2</sup>

TRAMO= 74 - 8

T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	Q
CIA 3500	130.02	294.50	424.16	521.24	332.58	234.64	174.63	136.46	109.04	89.07	74.29	63.40	43.76	27.30	12.63	
5	27.05															27.05
10	23.91	71.36														95.27
15	20.77	61.52	109.07													191.36
20	17.63	51.68	92.98	138.30												300.59
25	14.49	41.85	76.88	117.14	82.24											332.60
30	11.35	32.01	60.79	95.99	70.64	54.63										325.41
35	8.21	22.17	44.70	74.84	59.03	47.43	38.50									294.88
40	5.07	12.34	28.61	53.69	47.43	40.24	33.73	28.67								249.78
45	1.93	2.50	12.52	32.53	35.83	33.04	28.96	25.30	21.87							194.48
50				11.38	24.23	25.84	24.19	21.94	19.44	17.10						144.12
55					12.62	18.64	19.42	18.57	17.00	15.29	13.71					115.72
60					1.02	11.44	14.65	15.21	14.56	13.47	12.32	11.29				93.96
65						4.25	9.88	11.84	12.12	11.65	10.92	10.18	7.16			78.00
70							5.11	8.48	9.68	9.83	9.53	9.08	6.50	3.95		62.16
75							0.34	5.11	7.24	8.02	8.14	7.98	5.87	3.64	1.48	47.82
80								1.75	4.80	6.20	6.74	6.88	5.23	3.33	1.38	36.31
85									2.37	4.38	5.35	5.77	4.60	3.02	1.29	26.78
90										2.56	3.95	4.67	3.97	2.72	1.20	19.07
95										0.75	2.56	3.57	3.34	2.41	1.11	13.74
100											1.17	2.47	2.70	2.10	1.02	9.46
105												1.36	2.07	1.79	0.93	6.15
110												0.26	1.44	1.49	0.83	4.02
115													0.81	1.18	0.74	2.73
120													0.17	0.87	0.65	1.69

CALCULO DEL HIDROGRAMA PARA LA ATARJEA

TABLA 6

AREA= 8,500 m<sup>2</sup>

TRAMO= 8 - 6

T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	Q
CFA 3600	19.70	44.64	64.27	78.98	80.39	35.55	26.46	20.68	16.52	13.49	11.26	9.61	6.63	4.14	1.91	
5	6.12															6.12
10	4.99	17.57														22.56
15	3.87	13.27	27.92													45.06
20	2.74	8.96	20.17	36.20												68.07
25	1.62	4.65	12.43	25.44	20.51											64.65
30	0.49	0.34	4.68	14.68	15.27	13.13										48.59
35				3.92	10.03	10.15	8.97									33.07
40					4.79	7.18	7.14	6.52								25.63
45						4.21	5.31	5.30	4.86							19.68
50							1.24	3.48	4.08	4.02	3.73					16.55
55								1.65	2.86	3.18	3.13	2.94				13.76
60									1.64	2.35	2.53	2.50	2.38			11.40
65									0.42	1.51	1.93	2.06	2.05	1.46		9.43
70										0.67	1.34	1.62	1.71	1.28	0.78	7.40
75											0.74	1.17	1.37	1.10	0.70	5.35
80												0.14	0.73	1.03	0.92	3.69
85													0.29	0.70	0.74	2.50
90														0.36	0.56	1.59
95														0.02	0.38	0.96
100															0.20	0.66
105															0.02	0.38
110															0.13	0.26
115															0.05	0.15
120															0.08	0.08

T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	Q
CIA 3600	222.49	503.96	725.83	891.97	569.12	401.52	298.83	233.52	186.59	152.35	127.12	108.49	74.88	46.72	21.6	
5	40.20															40.20
10	36.21	103.82														140.03
15	32.22	91.90	157.24													281.36
20	28.22	79.98	138.14	198.39												444.73
25	24.23	68.06	119.04	173.57	119.29											504.19
30	20.24	56.13	99.94	148.74	105.32	79.95										510.32
35	16.24	44.21	80.84	123.92	91.36	71.11	56.78									484.46
40	12.25	32.29	61.74	99.10	77.39	62.27	50.82	42.56								438.42
45	8.26	20.36	42.63	74.27	63.43	53.43	44.86	38.29	32.67							378.20
50	4.26	8.44	23.53	49.45	49.46	44.59	38.90	34.02	29.53	25.68						307.86
55	0.27		4.43	24.63	35.50	35.75	32.94	29.76	26.40	23.32	20.69					233.69
60					21.53	26.91	26.98	25.49	23.27	20.95	18.85	17.10				181.78
65					7.57	18.07	21.02	21.22	20.13	18.59	17.02	15.64	10.91			150.17
70						9.23	15.06	16.96	17.00	16.23	15.19	14.17	10.05	6.11		120.00
75						0.39	9.10	12.69	13.86	13.86	13.36	12.71	9.19	5.68	2.33	93.17
80							3.14	8.42	10.73	11.50	11.53	11.25	8.34	5.26	2.19	72.36
85								4.16	7.60	9.13	9.69	9.79	7.48	4.83	2.06	54.74
90									4.46	6.77	7.86	8.32	6.62	4.40	1.93	40.36
95									1.33	4.41	6.03	6.86	5.77	3.97	1.80	30.17
100										2.04	4.20	5.40	4.91	3.55	1.66	21.76
105											2.36	3.93	4.05	3.12	1.53	14.99
110												0.53	2.47	3.20	2.69	10.29
115													1.01	2.34	2.26	6.88
120														1.48	1.83	4.45

( 96 )

## CALCULO DEL HIDROGRAMA PARA LA ATARJEA

TABLA No. 6

AREA= 7,800 m<sup>2</sup>

TRAMO= 6 - 4

T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	Q					
CIA 3600	18.08	40.95	58.97	72.47	46.24	32.62	24.28	18.97	15.16	12.38	10.33	8.81	6.08	3.80	1.76						
5	5.66															5.66					
10	4.61	16.27														20.88					
15	3.56	12.24	25.88													41.68					
20	2.51	8.20	18.60	33.57												62.88					
25	1.46	4.17	11.33	23.45	19.00											59.41					
30	0.41	0.14	4.06	13.33	14.09	12.15										44.18					
35				3.22	9.17	9.37	8.30									30.06					
40					4.26	6.59	6.59	6.02								23.46					
45							3.81	4.88	4.89	4.49						18.07					
50							1.03	3.17	3.75	3.71	3.44					15.10					
55								1.46	2.61	2.93	2.89	2.71				12.60					
60									1.48	2.15	2.33	2.30	2.20			10.46					
65									0.34	1.37	1.77	1.89	1.88	1.34		8.59					
70										0.59	1.22	1.48	1.57	1.18	0.72	6.76					
75											0.66	1.07	1.26	1.01	0.64	0.25	4.89				
80												0.11	0.66	0.94	0.84	0.57	0.23	3.35			
85													0.25	0.63	0.68	0.49	0.21	2.26			
90														0.32	0.51	0.42	0.19	1.44			
95															0.01	0.34	0.34	0.17	0.86		
100																0.18	0.27	0.16	0.61		
105																	0.01	0.19	0.14	0.34	
110																		0.12	0.12	0.24	
115																			0.05	0.10	0.15
120																				0.08	0.08

( 97 )

CALCULO DEL HIDROGRAMA PARA LA ATARJEJA  
TABLA No. 6

AREA= 66,600 m<sup>2</sup>

TRAMO= 67 - 4

T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	Q
CIA 3600	154.81	350.67	505.06	620.66	396.03	279.39	207.93	162.49	129.84	106.01	88.45	75.49	52.10	32.51	15.04	
5	29.26															29.26
10	26.75	78.15														104.90
15	23.54	68.35	118.87													210.76
20	20.33	58.55	103.01	150.32												332.21
25	17.12	48.75	87.16	129.61	89.92											372.56
30	13.91	38.95	71.31	108.90	78.40	60.02										371.49
35	10.70	29.15	55.45	88.19	66.89	52.80	42.47									345.65
40	7.49	19.35	39.60	67.48	55.37	45.57	37.64	31.74								304.24
45	4.28	9.55	23.75	46.76	43.89	38.35	32.81	28.30	24.29							251.94
50	1.07		7.89	26.05	32.34	31.13	27.98	24.87	21.78	19.05						192.16
55				5.34	20.82	23.91	23.15	21.43	19.28	17.17	15.31					143.41
60					9.31	16.68	18.32	18.00	16.77	15.29	13.86	12.63				120.86
65						9.46	13.49	14.56	14.26	13.41	12.41	11.48	8.02			97.09
70						2.24	8.66	11.13	11.76	11.53	10.96	10.32	7.35	4.47		78.42
75							3.83	7.69	9.25	9.65	9.51	9.17	6.68	4.14	1.69	61.61
80								4.26	6.74	7.77	8.06	8.02	6.01	3.81	1.59	46.26
85								0.82	4.24	5.89	6.61	6.86	5.34	3.48	1.49	34.73
90									1.73	4.01	5.16	5.71	4.68	3.15	1.39	25.83
95										2.12	3.71	4.56	4.01	2.82	1.29	18.51
100										0.24	2.20	3.41	3.34	2.49	1.19	12.93
105											0.81	2.25	2.67	2.16	1.09	8.98
110												1.10	2.06	1.83	0.99	5.98
115													1.33	1.50	0.89	3.72
120														0.66	1.17	2.62

( 98 )

CALCULO DEL HIDROGRAMA PARA LA ATARJEJA  
TABLA No. 6

AREA = 6,800 m<sup>2</sup>

TRAMO = 4 - 2

T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	Q
CIA 3600	15.76	35.70	51.41	63.18	40.31	28.44	21.77	16.54	13.22	10.79	9.00	7.68	5.30	3.31	1.53	
5	4.99															4.99
10	4.05	14.39														18.44
15	3.11	10.76	22.92													36.79
20	2.18	7.13	16.35	29.76												55.42
25	1.24	3.49	9.77	20.59	16.81											51.90
30	0.30		3.20	11.42	12.38	10.74										38.04
35				2.26	7.95	8.24	7.53									25.98
40					3.52	5.74	5.96	5.31								20.53
45						3.24	4.38	4.30	3.96							15.88
50						0.74	2.81	3.28	3.26	3.03						13.12
55							1.23	2.26	2.56	2.54	2.39					10.98
60								1.25	1.87	2.04	2.02	1.93				9.11
65								0.23	1.17	1.55	1.66	1.66	1.18			7.45
70									0.47	1.05	1.29	1.38	1.03	0.63		5.85
75										0.55	0.93	1.10	0.88	0.56	0.22	4.24
80										0.06	0.56	0.82	0.74	0.50	0.20	2.88
85											0.20	0.54	0.59	0.43	0.19	1.95
90												0.26	0.44	0.36	0.17	1.23
95													0.29	0.30	0.15	0.74
100													0.15	0.23	0.14	0.52
105														0.17	0.12	0.29
110														0.10	0.10	0.20
115														0.04	0.08	0.12
120															0.07	0.07

( 99 )

## CALCULO DEL HIDROGRAMA PARA LA ATARJEA

TABLA No. 6

AREA= 76,100 m<sup>2</sup>

TRAMO= 2 - 88

T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	Q
CIA 3600	176.37	399.49	575.37	707.07	451.15	318.29	236.88	185.11	147.91	120.77	100.77	86.00	59.36	37.04	17.13	
5	33.45															33.45
10	29.94	86.98														116.92
15	26.44	76.35	132.12													234.91
20	22.94	65.73	114.98	166.96												370.61
25	19.43	55.10	97.85	144.61	100.03											417.02
30	15.93	44.48	80.71	122.26	87.56	66.85										417.79
35	12.42	33.85	63.57	99.91	75.09	50.01	47.36									391.21
40	8.92	23.23	46.44	77.56	62.61	51.16	42.10	35.42								347.44
45	5.42	12.60	29.30	55.21	50.14	43.32	36.84	31.67	27.13							291.63
50	1.91	1.98	12.17	32.86	37.67	35.47	31.58	27.93	24.39	21.30						227.26
55				10.50	25.20	27.63	26.32	24.18	21.65	19.24	17.13					171.85
60					12.72	19.78	21.06	20.43	18.91	17.18	15.54	14.14				139.76
65					0.25	11.94	15.80	16.68	16.17	15.12	13.95	12.87	8.99			111.77
70						4.09	10.54	12.94	13.43	13.06	12.35	11.60	8.25	5.02		91.28
75							5.28	9.19	10.69	11.00	10.76	10.34	7.52	4.65	1.90	71.33
80							0.02	5.44	7.95	8.94	9.17	9.07	6.78	4.29	1.79	53.45
85								1.69	5.21	6.88	7.58	7.81	6.04	3.92	1.67	40.80
90									2.47	4.82	5.99	6.54	5.31	3.56	1.56	30.25
95										2.76	4.40	5.28	4.57	3.19	1.45	21.65
100										0.70	2.81	4.01	3.83	2.83	1.34	15.52
105												1.22	2.74	3.10	2.47	10.76
110													1.48	2.36	2.10	7.06
115													0.21	1.62	1.74	4.58
120														0.89	1.37	3.16











## VI APLICACION DE LOS METODOS A UNA MISMA AVENIDA.

El motivo de aplicar los métodos de cálculo de aguas pluviales ya descritos a la Avenida Oakdale de Chicago, Illinois es que en este lugar se experimentó la relación que hay entre la precipitación y el escurrimiento, ya que esta cuenca urbana cuenta con una estación pluviográfica dentro de la misma y una estación hidrométrica que se localiza en el sitio de descarga de la cuenca.

### VI.1. Método del Hidrograma Unitario Pluvial.

La cuenca en estudio se muestra en la figura VI.1. en la que se muestran las características de la misma.

En la tabla VI.2, se muestran los resultados del hidrograma de la lluvia ocurrida en la zona el 2 de Julio de 1960.

Para facilitar el proceso se describe la tabla VI.2. que se utilizó para la generación del hidrograma a la descarga.

**TABLA A.** Cálculo del Hidrograma de la lluvia ocurrida el 2 de Julio de 1960 en la Avenida Oakdale de Chicago Illinois.

Columna 1. Se indica el intervalo de tiempo  $T$  de la lluvia en minutos.

Columna 2. Se indica la duración de intervalo de tiempo  $T_r$  en minutos.

Columna 3. Se indica la intensidad de la lluvia ( $i$ ) en cm/hr.

Columna 4. Se indica el coeficiente de escurrimiento calculado con la fórmula de Hoad's.

Columna 5. Se indica el tiempo de escurrimiento superficial ( $T_e$ ) calculado con la fórmula siguiente:

$$T_e = 6.916 \frac{L^{0.6}}{(C_f)^{0.4}} \frac{n^{0.6}}{S^{0.3}}$$

Columna 6. Se indica el tiempo de escurrimiento en el sistema ( $T_s$ ) calculado con la fórmula:

$$T_s = \frac{L}{60 V}$$

Columna 7. Se indica el tiempo de concentración ( $T_c$ ) que resulta de sumar el tiempo de escurrimiento superficial ( $T_e$ ) y el tiempo de escurrimiento en el sistema ( $T_s$ ), en minutos:

$$T_c = T_e + T_s$$

Columna 8. Se indica el tiempo base ( $T_p$ ) que resulta de sumar el tiempo de concentración ( $T_c$ ) y la duración del -

intervalo de tiempo ( $T_r$ ) en minutos.

Columna 9. Se indica el hidrograma de descarga de la cuenca en litros por segundo.

En este ejemplo solo se hace referencia de las fórmulas que se aplican y de los datos resultantes por ya haberse explicado el procedimiento en el capítulo V.

En la figura VI.3 se indica el hidrograma registrado por la estación hidrométrica y el hidrograma calculado por el Método del Hidrograma Unitario.

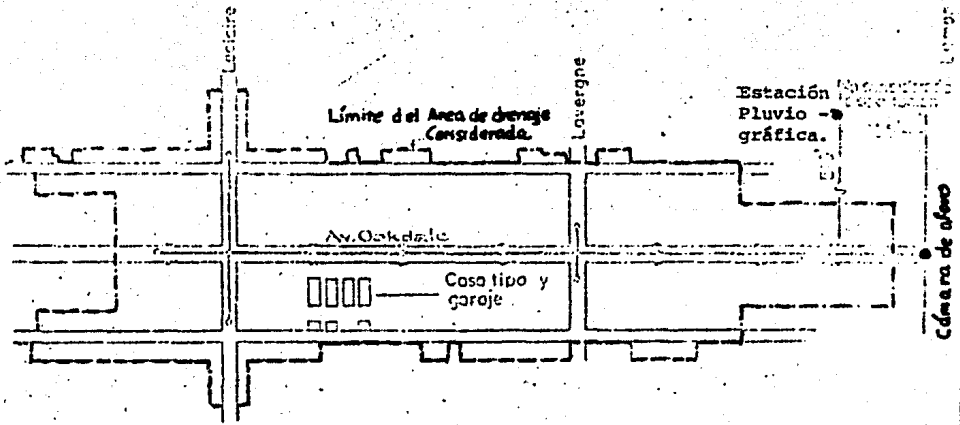


FIG. VI.1. Área de 12.9 acres de un drenaje básico en la avenida OAKDALE, CHICAGO, III.

TABLA VI.2. Computación del Hidrograma Parcial para la segunda tormenta de Julio 2, 1960. Oakdale Ave. Chicago.

Hietograma Unitario			Coeficiente de escurrimiento de Hoad (4)	Tiempo de Concentración en Minutos			Subhidrograma	
Duración Cronológica de la Tormenta en minutos (1)	$T_r$ en minutos (2)	$i$ , en pulgadas por hora (1) cm por hora (3)		$F_e$ (5)	$F_g$ (6)	$F_c$ (7)	$t_b$ en minutos (8)	$Q_p$ , en pies cúbicos por segundo ( $Q_p$ ) litros por seg. (9)
0-2	2	0.6 (1.52)		0.65	30	5	35	37
2-3	1	0	0.65	--	--	--	--	---
3-4	1	0.6 (1.52)	0.65	30	5	35	36	0.28 (8.0)
4-8	4	0	0.65	--	--	--	--	---
8-10	2	0.6 (1.52)	0.65	30	5	35	37	0.54 (15.4)
10-13	3	0	0.65	--	--	--	--	---
13-14	1	0.6 (1.52)	0.65	30	5	35	36	0.28 (8.0)
14-15	1	2.4 (6.1)	0.65	17	5	22	23	1.74 (49.5)
15-16	1	1.8 (4.56)	0.65	19	5	24	25	1.21 (34.5)
16-24	8	0.6 (1.52)	0.65	30	5	35	43	1.87 (53.3)
24-25	1	1.8 (4.56)	0.65	19	5	24	25	1.21 (34.5)
25-26	1	2.4 (6.1)	0.65	17	5	22	23	1.74 (49.5)
26-32	6	3.0 (7.6)	0.65	16	5	21	27	11.2 (319)
32-34	2	2.4 (6.1)	0.65	17	5	22	24	3.35 (95.5)
34-37	3	1.8 (4.56)	0.65	19	5	24	27	3.35 (95.5)
37-42	5	1.2 (3.05)	0.65	22	5	27	32	3.14 (89.5)
42-45	3	0.6	0.65	30	5	35	38	0.8



## Continuación de la tabla VI.2

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
		(1.52)						(22.8)
45-48	3	1.2	0.65	22	5	27	30	2.02
		(3.05)						(57.5)
48-52	4	0.6	0.65	30	5	35	39	1.03
		(1.52)						(29.4)
52-53	1	0	0.65	--	--	--	--	---
53-55	2	0.6	0.65	30	5	35	37	0.54
		(1.52)						(15.4)
55-56	1	1.2	0.65	22	5	27	28	0.72
		(3.05)						(20.5)
56-58	2	3	0.65	16	5	21	23	5.0
		(7.6)						(142)
58-59	1	2.4	0.65	17	5	22	23	1.75
		(6.1)						(50)
59-60	1	0	0.65	--	--	--	--	---
60-61	1	0.6	0.65	30	5	35	36	0.28
		(1.52)						(8.0)
61-62	1	0	0.65	--	--	--	--	---
62-63	1	0.6	0.65	30	5	35	36	0.28
		(1.52)						(8.0)
63-65	2	0	0.65	--	--	--	--	---
65-66	1	0.6	0.65	30	5	35	36	0.28
		(1.52)						(8.0)

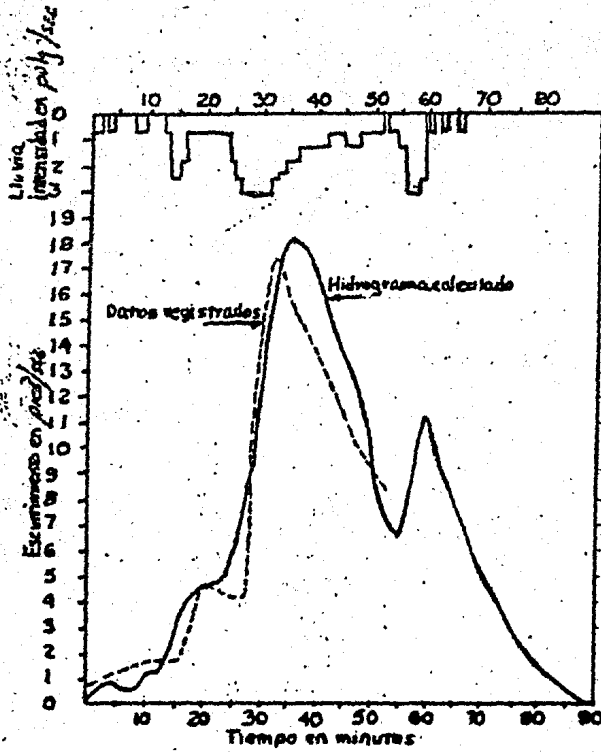


FIG. VI.3. Yetograma de la lluvia, e hidrograma calculado y registros de la segunda tormenta del día 2 de julio de 1960, OAKDALE AVENUE, CHICAGO, III.

## VI.2. Método Racional Americano.

El método racional americano se aplicó a la cuenca de la Av. Oakdale de Chicago Illinois, con las siguientes consideraciones:

- a) El gasto se obtuvo con la fórmula siguiente:  
 $Q = 27.78 C I A$
- b) El coeficiente de escurrimiento (C) se estimó el mismo que para el método del hidrograma unitario paracial, siendo  $C = 0.65$
- c) El área por tramo se calcula de la siguiente manera:

$$A_{\text{específica}} = \frac{\text{Area Total}}{\text{longitud total de tubería}}$$

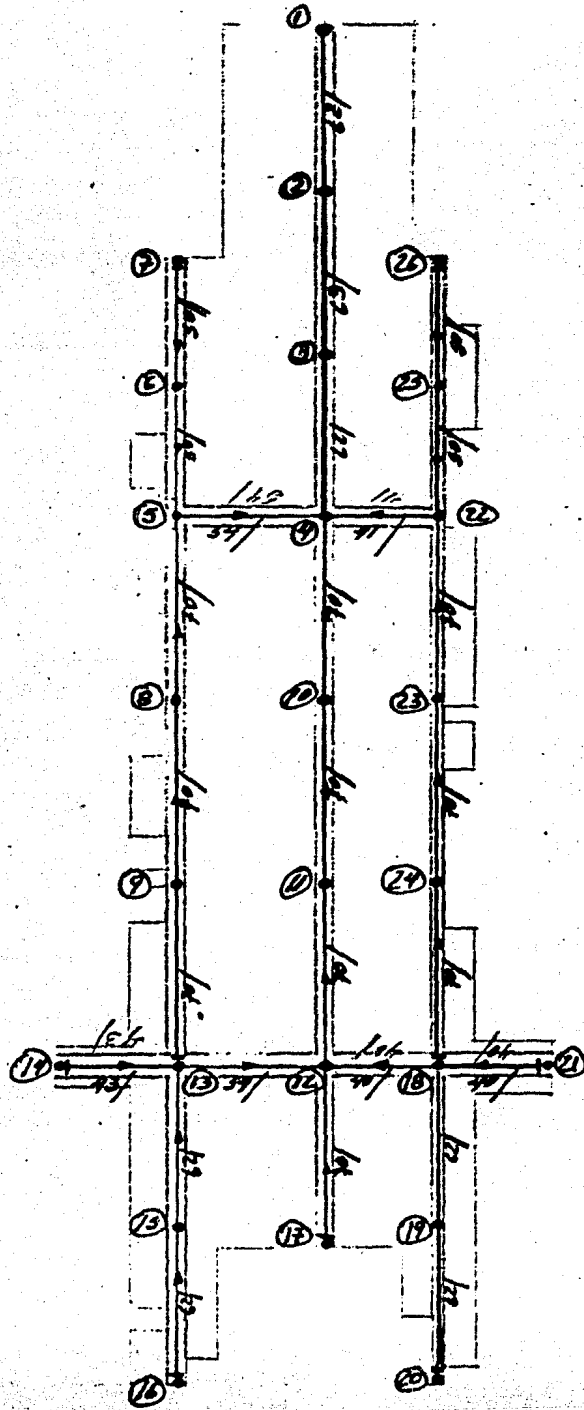
$$A_e = \frac{5.2 \text{ Has}}{1607 \text{ m}} = 0.0032 \text{ Has/m}$$

- d) Para el cálculo de la intensidad de lluvia se analizó la lluvia del 2 de Julio en la Av. Oakdale de Chicago Illinois y se determinó la curva de intensidad - duración de la lluvia, resultando la indicada en la Figura VI.1.

Para facilitar el cálculo de gasto se emplearon tablas que ya se describieron en el capítulo II.

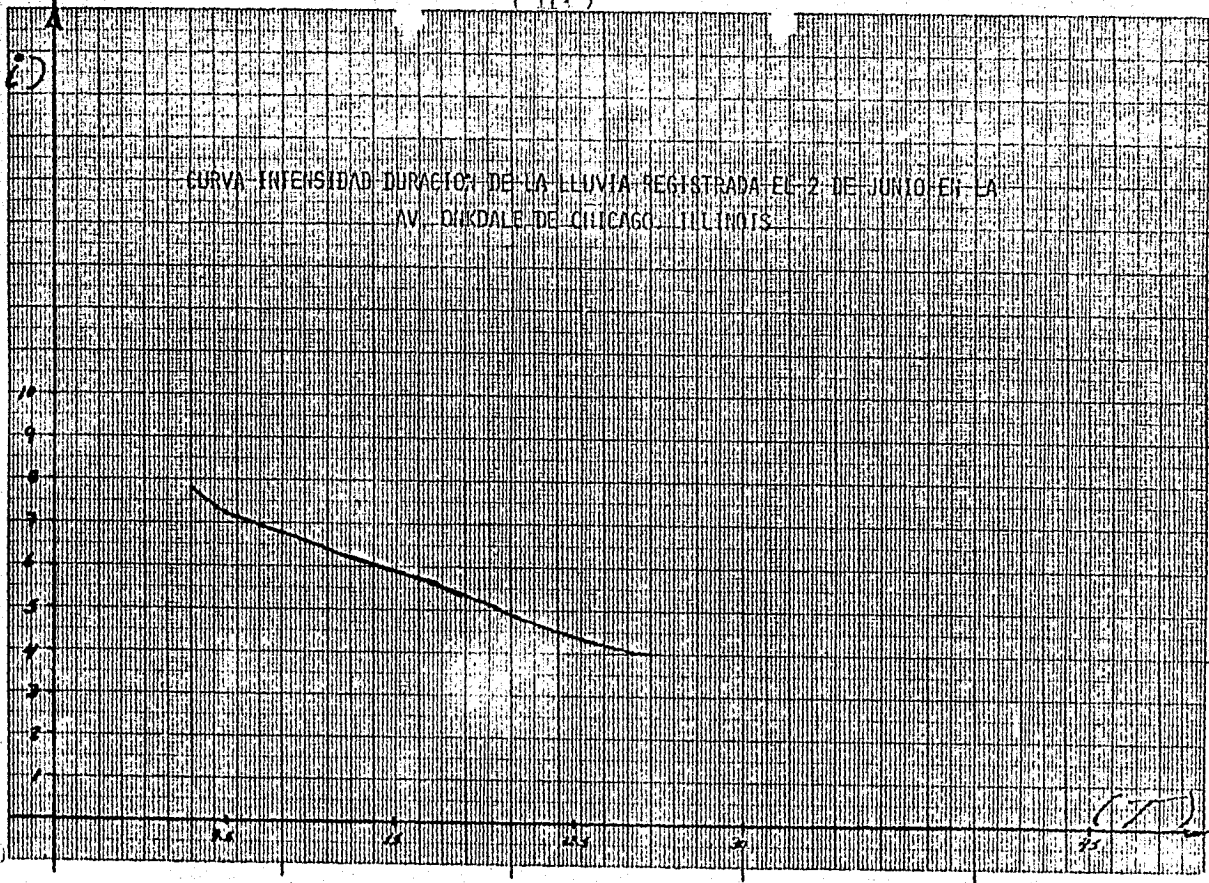
En la Fig. VI.2. Se presenta la planimetría de la zona de proyecto y la planeación del escurrimiento.

PLANEACION DEL ESCURRIMIENTO  
FIG. VI.2



(2)

CURVA INTENSIDAD DURACION DE LA LLUVIA REGISTRADA EL 2 DE JUNIO EN LA  
AV. DIXDALE DE CHICAGO ILL. U.S.A.



(7)

( 114 ) TABLA DE CALCULO GASTO PLUVIAL No. 1

Localización		Longitudes ( m )			A r e a ( Has )			Tiempos (min )			Intensidad cm./hr. i (12)	Coeficien te de es currimie nto. C (13)	Gasto L.P.S. Q (14)
• Límites		Propia (3)	Tributa ria (4)	Acumula da (5)	Propia (6)	Tributa ria (7)	Acumula da (8)	Ingreso de (9)	Tránsito Ti (10)	Concen tración Tc (11)			
De (1)	A (2)												
20		62		62	0.20		0.20	15	0.54	15.54	5.80	0.65	20.95
19	19	62		124	0.20		0.40		0.54	16.08	5.70	0.65	41.17
	18												
21		40		40	0.13		0.13	15	0.35	15.35	5.85	0.65	13.73
18	18	40	124	204	0.13	0.40	0.66		0.35	16.43	5.60	0.65	66.74
	12												
16		62		62	0.20		0.20	15	0.54	15.54	5.80	0.65	20.95
15	15	62		124	0.20		0.40		0.54	16.08	5.70	0.65	41.17
	13												
14		43		43	0.14		0.14	15	0.37	15.37	5.85	0.65	14.79
13	13	54	124	221	0.17	0.40	0.72		0.47	16.58	5.60	0.65	72.81
	12												
17		70		70	0.23		0.23	15	0.61	15.61	5.80	0.65	24.09
12	12	70	425	565	0.23	1.38	1.83		0.61	16.58	5.50	0.65	181.74
	11			635	0.23		1.05		0.61	17.77	5.35	0.65	198.04
10	10	70		205	0.23		2.78		0.61	18.38	5.25	0.65	236.14
	4												
18		70		70	0.23		0.23	15	0.61	15.61	5.80	0.65	64.09
24	24	70		140	0.23		0.45		0.61	16.22	5.65	0.65	45.91
23	23	70		210	0.23		0.68		0.61	16.83	5.60	0.65	68.26
	22												
26		50		50	0.16		0.16	15	0.43	15.43	5.80	0.65	16.76
25	25	50		100	0.16		0.32		0.43	15.86	5.75	0.65	31.22



**VI.3. Método Racional Gráfico Alemán.**

Este Método se aplicó en la Av. Oakdale de Chicago Illinois - con las mismas consideraciones que en el Capítulo VI.2.

La metodología y la descripción de las tablas ya se indicó - en el Capítulo IV.



( 117 )

## TABLA PARA LA CONSTRUCCION DE HIDROGRAMAS No 2

Hoja 1/2

(1) TRAMO	(2) AREA (Has.)	(3) C	(4) (5) (6) (7) TIEMPOS (min.)				(8) INTEN- SIDAD cm/hr.	(9) GASTO PROPIO L/S	(10) GASTO MODIFICADO (l/s)
			Te.	Ts	Tc	Tc. Acum.			
1 - 2	0.20	0.65	15.0	0.54	15.54	15.54	4.95	17.88	108.76
2 - 3	0.20	0.65	15.0	0.55	15.55	31.09	4.95	17.88	108.76
3 - 4	0.20	0.65	15.0	0.54	15.54	46.63	4.95	17.88	108.76
4 - 5	0.17	0.65	15.0	0.47	15.47	62.10	4.95	15.19	44.88
5 - 6	0.16	0.65	15.0	0.43	15.43	77.53	4.95	14.30	18.54
6 - 7	0.16	0.65	15.0	0.43	15.43	92.96	4.95	14.30	14.30
5 - 8	0.23	0.65	15.0	0.61	15.61	77.71	4.95	20.56	26.34
8 - 9	0.23	0.65	15.0	0.61	15.61	93.32	4.95	20.56	26.34
9 - 13	0.23	0.65	15.0	0.61	15.61	108.93	4.95	20.56	20.56
4 - 10	0.23	0.65	15.0	0.61	15.61	62.24	4.95	20.56	78.48
10 - 11	0.23	0.65	15.0	0.61	15.61	77.85	4.95	20.56	78.48
11 - 12	0.23	0.65	15.0	0.61	15.61	93.46	4.95	20.56	78.48
12 - 13	0.17	0.65	15.0	0.47	15.47	108.93	4.95	15.19	34.86
13 - 14	0.14	0.65	15.0	0.37	15.37	124.30	4.95	12.51	12.51
13 - 15	0.20	0.65	15.0	0.54	15.54	124.47	4.95	17.88	23.02
15 - 16	0.20	0.65	15.0	0.54	15.54	140.01	4.95	17.88	17.88
12 - 17	0.23	0.65	15.0	0.61	15.61	109.07	4.95	20.56	20.56
12 - 18	0.13	0.65	15.0	0.35	15.35	108.81	4.95	11.62	33.73
18 - 19	0.20	0.65	15.0	0.54	15.54	124.35	4.95	17.88	23.01
19 - 20	0.20	0.65	15.0	0.54	15.54	139.89	4.95	17.88	17.88
18 - 21	0.13	0.65	15.0	0.35	15.35	124.16	4.95	11.62	11.62
4 - 22	0.13	0.65	15.0	0.36	15.36	61.99	4.95	11.62	26.34
22 - 23	0.23	0.65	15.0	0.61	15.61	77.60	4.95	20.56	26.34
23 - 24	0.23	0.65	15.0	0.61	15.61	93.21	4.95	20.56	26.34
24 - 18	0.23	0.65	15.0	0.61	15.61	108.82	4.95	20.56	20.56





TABLA No 8 DE HIDROGRAMAS TRANSITADOS

Tiempo	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-25	25-26
5	578																								
10	451																								
15	326																								
20	211	313																							
25	101	468																							
30	200	468																							
35	2100	468	750																						
40	2100	2300	1025																						
45	2100	2300	1025																						
50	432	432	1007	321					777												777				
55	4162	4162	2162	822					466												466				
60	4162	4162	4162	1212					1161												1161				
65	2270	2130	1030	2170	267		382		770	367										770	367			231	
70	2512	2512	2512	2512	2512		422		422	422											422				292
75	4122	4122	4122	4122	4122		422		422	422											422				116
80	4122	4122	4122	4122	4122	229	2350	302	2137	2137	307										2137	2312	316	412	239
85	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
90	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
95	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
100	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
105	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
110	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
115	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
120	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
125	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
130	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
135	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
140	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
145	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
150	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
155	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
160	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
165	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
170	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
175	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
180	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
185	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
190	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
195	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
200	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
205	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
210	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
215	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
220	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
225	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
230	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
235	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
240	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
245	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
250	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
255	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
260	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
265	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
270	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
275	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
280	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
285	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
290	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
295	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102
300	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156	4156										4156	4156			102

## VII COMPARACION DE LOS METODOS.

En este capítulo se indican los modelos descritos y aplicados señalando para cada uno sus ventajas y limitaciones.

Se presenta también en las tablas VII.1. y VII.2. la comparación de los resultados obtenidos al aplicar, a las redes, de alcantarillado, los diferentes métodos.

TABLA VII.1.

Comparación de los gastos pluviales calculados para el proyecto Ampliación Selene de la Cd. de México, en ls/seg.

TRAMO	RACIONAL AMERICANO	BURKLI ZIEGLER	GRAFICO ALEMAN	HIDROGRAMA UNITARIO
21-14	131.55	-	53.28	105.97
29-14	176.73	-	54.29	134.55
40-12	261.21	-	54.17	225.47
14-12	342.86	-	60.28	267.88
10-12	604.61	-	112.96	493.02
74-10	331.98	-	57.24	284.31
10- 8	900.62	-	164.87	698.63
74- 8	362.19	-	56.91	330.23
8- 6	1,241.28	-	217.59	851.97
74- 6	533.20	-	137.67	509.68
6- 4	1,628.60	-	267.97	1,119.38
67- 4	399.10	-	55.95	371.60
4- 2	1,934.80	-	320.02	1,219.35
2-88	445.10	-	73.42	417.68
2- 1	2,314.40	888.41	377.65	1,279.19

TABLA VII.2.

Comparación de los gastos pluviales calculados para el proyecto de la Av. Oakdale de Chicago Illinois, en ls/seg.

TRAMO	RACIONAL AMERICANO	GRAFICO ALEMAN	HIDROGRAMA UNITARIO
16-13	41.17	22.03	-
14-13	14.79	12.51	-
13-12	72.81	34.86	-
17-12	24.09	20.56	-
20-18	41.17	23.01	-
21-18	13.73	11.62	-
18-12	66.74	33.73	-
12- 4	216.14	78.48	-
9- 5	68.76	26.34	-
7- 5	33.22	18.54	-
5- 4	115.06	44.88	-
18-22	68.76	26.34	-
26-22	33.22	18.54	-
22- 4	116.16	26.34	-
4- 1	464.79	108.76	319.00

El Método Racional Americano ha sido, a pesar de las críticas por los nuevos procedimientos disponibles, el método más usual gracias a su simplicidad ya que considera en el cálculo del coeficiente de escurrimiento y el tiempo de concentración las condiciones de la superficie de aportación.

Definitivamente tiene ciertas limitaciones de entre las

cuales las más importantes son;

1. El hecho de que el flujo máximo se establezca durante la lluvia con intensidad media correspondiente al tiempo de concentración.
2. La consideración de incluir todos los factores que definen el proceso precipitación-escorrimento en un solo coeficiente.

El primero de estos factores ocasiona generalmente que, sin datos observados, los gastos obtenidos sean diferentes a los reales, el segundo, diferencias grandes entre lo estimado y lo real, debido a que el coeficiente de escurrimiento es un parámetro muy sensible aún a las más ligeras modificaciones en la cuenca.

Por las razones anteriores es necesario contar con datos experimentales para la aplicación del método, y con mucho cuidado y conocimiento detallado de la zona para estimar o utilizar los trabajos que proporcionan coeficientes de escurrimiento para las diferentes condiciones de la superficie.

Se recomienda utilizar este Método solamente en áreas pequeñas (menores de 200 acres) , ya que para un área grande las posibles diferencias entre los gastos estimados y los reales aumenta por no considerar el almacenamiento que ocurre en la tubería al transitar la avenida y a la suposición ya mencionada, de que las avenidas que se presentan simultáneamente a la generación del gasto máximo en el tramo final.

Para el método empírico que considera la aplicación de la fórmula de Burkli- Ziegler, muy usado también antes del Método Racional Americano y por las mismas razones que éste, se pueden hacer iguales observaciones. La sencilla aplicación del Método Racional Gráfico Alemán y la ventaja de que no solo proporciona el gasto máximo, sino que también obtiene el hidrograma de descarga, los hacen muy atractivos. Sus restricciones básicas son que los parámetros más importantes, el coeficiente de escurrimiento y el tiempo de concentración, requieren de conocimiento experimental. Por otro lado ya que los tiempos de concentración de las subcuencas se calculan en forma independiente de la duración de la lluvia que ocurre en el área total, para estimar el gasto de proyecto, puede resultar poco conservador.

Se recomienda utilizarlo considerando subcuencas lo más reducido posible y fisigráficamente homogéneas para evitar así tomar valores medios que repercutan con diferencias grandes en los resultados con respecto a la realidad; y aplicar el modelo únicamente para cálculo aproximado de proyectos preliminares teniendo en cuenta que proporciona resultados sujetos a comprobación.

El Método del Hidrograma Parcial resulta un método confiable y sin complicaciones para su aplicación. Tiene la ventaja considerable de analizar un aguacero o tormenta de proyecto en forma completa, y proporciona el hidrograma de escurrimiento.



Por otro lado para el cálculo del tiempo de concentración - considera que la onda cinemática avanza con velocidades mayores a medida que se incrementa el tirante del flujo, reflejo real del fenómeno hidráulico.

Este Método utiliza el principio de la conservación de la masa y de la superposición de causas y efectos; y en general, se aplican parámetros simples y relaciones funcionales que son fáciles de obtener, aunque al igual que el Método Gráfico Alemán tiene como condición la estimación del coeficiente de escurrimiento cuando no se dispone de observaciones en el lugar o en otro similar.

Es de creerse que el Método del Hidrograma Parcial sea un instrumento útil para el cálculo de nuevos sistemas y revisión de los ya existentes.

Hay que tomar en cuenta que se debe aplicar dividiendo la superficie total en áreas pequeñas y homogéneas, para luego sumar todos los subhidrogramas resultantes considerando su desfaseamiento en tiempo para obtener el hidrograma total.

De acuerdo a las observaciones anteriores el método que se propone es el METODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO PARCIAL por ser el que arroja resultados más similares a los registrados en la estación pluviográfica e hidrométrica localizada en la zona de proyecto de la Av. Oakdale de Chicago Illinois; en la Cd. de México no se puede hacer la misma afirmación por carecer de cuenca piloto pero como se muestra en la tabla VII.1 los resultados obtenidos por el Método del Hidrograma-

Unitario Parcial son intermedios a los calculados por los -  
otros métodos.

Es bueno hacer notar que para cuencas urbanas de menos de 20 hectáreas es mejor utilizar el Método Racional Americano por ser más sencilla su aplicación y se obtienen gastos similares a los calculados por el Método del Hidrograma Parcial.

Para simplificar la aplicación del Método del Hidrograma Parcial en proyectos de cuencas grandes, se pueden hacer las modificaciones que se mencionaron en el capítulo V y son las si guientes:

Se consideran tramos de atarjeas tipo y las restantes pueden ser consideradas, proporcionalmente directas al área drenada, en base a los siguientes razonamientos:

- a) El valor de "Y" está en función de  $T_d$ ,  $T_r$ ,  $T_c$ , que son casi las mismas en todos los casos o variaciones de poca diferencia.
- b) En el valor del gasto Q, intervienen la intensidad ( i ) y el coeficiente de escurrimiento ( C ) que son los mismos para un tiempo dado.
- c) El área tiene fuerte influencia pero entra en función lineal en la fórmula  $Q = Y C I A$

Finalmente se hubiera podido todavía hacer otra simplificación que consiste en considerar a los hidrogramas, propor-

cionales a la longitud de atarjeas en lugar del área, ya que de acuerdo al proyecto, el ancho del área tributaria se mantiene constante o casi constante; sin embargo, solo se hacen en función del área.

### VIII. CONCLUSIONES

El grado actual de adelanto de la hidrología urbana y las altas inversiones en las obras proyectadas impulsaron a la investigación de nuevas técnicas, las que requieren de una mayor cantidad de datos, del uso de las computadoras y con análisis más complejos en comparación a los métodos racionales y empíricos.

Para el proyecto de un sistema de alcantarillado, como para todas las obras hidráulicas, existen estos nuevos modelos avanzados, pero su aplicación es escasa, debido a que los problemas que abundan son de ampliación y mejoramiento de los sistemas en servicio, o que los modelos necesitan datos especiales, o a que las ventajas de aplicación no han sido difundidas y se requiere de técnicos expertos con acceso a las computadoras para su utilización.

Muchas técnicas en uso actual, tales como las que aplican los métodos empíricos o el Método Racional, en el futuro serán como una reliquia de técnica antigua y fuera de moda. Se justificaron en épocas con datos hidrológicos escasos y en las que las computadoras electrónicas no estaban disponibles.

Con base a estas condiciones los métodos de análisis simples para proyectos sencillos eran los únicos disponibles.

Debido a la complejidad del proceso precipitación-escorrento, los modelos muy elaborados que requieren la utilización de las computadoras no son recomendables por poco prácticos y antieconómicos, por estas razones se hizo indispensable de su

posiciones simplificadas.

Estas simplificaciones se justifican por conservar la precisión debido a la naturaleza estocástica de la ocurrencia de las lluvias, por las aproximaciones en el análisis yetográfico, por la naturaleza empírica de la hidráulica de los conductos, las irregularidades de las superficies del terreno, y por los dinámicos cambios en el uso del área urbana circundante, no obstante que están basadas en mediciones directas de las lluvias, del escurrimiento, y en general, de las respuestas de la cuenca a la precipitación en los distintos puntos de investigación que se elijan.

Por lo tanto es importante disponer de cuencas piloto con instrumentación adecuada para verificar las hipótesis y calibrar modelos para justificar las simplificaciones y verificar la confiabilidad.

Como ya se dijo anteriormente, los cambios provocados por el aumento de la urbanización, con sus niveles más altos de financiamiento, junto con el aumento de datos más confiables del ciclo hidrológico y la ventaja de disponer del cálculo electrónico, permiten el uso de métodos analíticos más complejos.

Como una explicación para visualizar la selección de una técnica apropiada de proyecto, uno puede considerar representado en una gráfica las técnicas en el eje horizontal se representa el aumento de la complejidad en el modelo, y en el vertical los costos de los métodos y de la obra proyectada (Fig. VII.3).

Los métodos empíricos y el Racional, ocupan el inicio de la gráfica; el aumento de la complejidad del cálculo y de la simulación de los datos hidrológicos y las respuestas del modelo, equivalen al desplazamiento en dirección del aumento de complejidad.

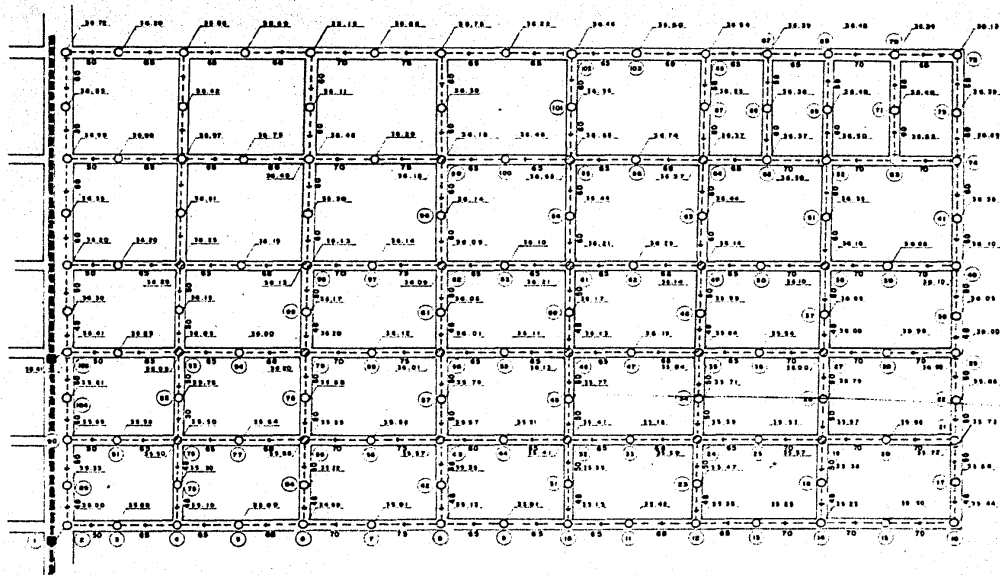
Considerando que los parámetros que reflejan el nivel de la inversión, la precisión de los datos, y la disponibilidad de la ayuda de la computación, permanecen fijos, habrá en principio algún punto o tramo en la escala de complejidad que presente la técnica óptima en cuanto al mínimo de la suma de los costos de proyecto y de construcción.

Luego de hacer este análisis resulta de particular importancia que los modelos escogidos para el proyecto estén acordes con los propósitos del estudio y con las características de la región.

Deberán hacerse pruebas posteriores para la verificación en caso de cuencas grandes con diferentes características geomorfológicas, diversos usos de la tierra y distribución desigual de las precipitaciones, para que el modelo que se utilice, cualquiera que sea éste, haya sido calibrado en base a los datos experimentales. Los parámetros del modelo pueden ser obtenidos en cuencas piloto, las cuales por el alto costo de la instrumentación, deben elegirse pequeñas.

B I B L I O G R A F I A .-

- 1.- JOURNAL OF THE HIDRAULICS DIVISION .-  
VOL. 100 No. NYC AUS. 1974 .-
- 3.- MARIO EDUARDO SOLANO AZAR .- " METODOS PA-  
RA RELACIONAR LLUVIA Y ESCURRIMIENTO EN -  
LOS PROYECTOS DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO, -  
TESIS PROFESIONAL FACULTAD DE INGENIERIA, --  
U.N.A.M. ( 1980 ) .-



### SÍMBOLOS

Colector	
Pozo de colector	
Aterrizaje	
Pozo de visita	
Número de pozo	172
Sección de alcantarillado	
Longitud de tubería	
Cota de terreno	

Escala Gráfica 1:2000



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

COMPARACIÓN DE MÉTODOS PARA EL  
CÁLCULO DE AGUAS PLUVIALES

TESIS DE EXAMEN PROFESIONAL

LOPEZ POVATA SIMONET ALBERTO

FECHA: 2010

PÁG. 1