

---

---

# Vulnerabilidad de estructuras de puentes en zonas de gran influencia de ciclones tropicales.

## Informe de estudios Hidrológico Puente Urbina

**Elaborado por:**  
Instituto de Ingeniería  
UNAM

## Control documental

### Información del documento

	Información
<i>Numero de documento</i>	<i>Hidro-Tepuzapa</i>
<i>Elaboro</i>	<i>Ing. David Flores Vidriales</i>
<i>Fecha de Expedición</i>	<i>26//06/2017</i>
<i>Fecha de Última Edición</i>	<i>28/08/2017</i>
<i>Nombre del archivo</i>	<i>Hidro-Tepuzapa</i>

### Historia del documento

Versión	Fecha	Cambios
<i>1.0</i>	<i>26/06/2017</i>	<i>Propuesta para comentarios</i>
<i>1.1</i>	<i>28/08/2017</i>	<i>Correcciones menores</i>

## Contenido

Informe general.....	3
Objetivo .....	3
1.- Generalidades.....	3
2.- Estudio Hidrológico .....	4
Observaciones.....	4
3.- Estudio Hidráulico .....	5
4.- Conclusiones y recomendaciones.....	5
Memoria de cálculo.....	6
1.- Recopilación de información .....	6
2.- Desarrollo.....	7
3.- Gastos calculados.....	8
Descripción del método de Ven Te Chow .....	8
Método racional .....	13
Método del Hidrograma Unitario Triangular .....	19
4.- Resumen de resultados .....	23
5.- Localización del puente.....	23
6.- Simbología.....	25
7.- Isoyetas para método racional .....	26
8.- Perfiles.....	29
9.- Método de Tayor - Schwarz .....	29

# 1

## Informe general

---

### Objetivo

El objetivo del estudio es obtener el gasto de diseño asociado a un periodo de retorno 100, 500 y 1000 años, hasta el sitio donde se localiza el cruce, mediante la aplicación de métodos hidrológicos apropiados a las características de la cuenca.

### 1.- Generalidades

La corriente nace a 18.0 km del sitio de cruce y desemboca a 12.0 km, en el río "Huixtla"; dicha descarga no provoca influencia hidráulica en el cruce. El área de la cuenca drenada hasta el cruce es de 59.0 km<sup>2</sup> y pertenece a la Región Hidrológica No. 23 Costa de Chiapas según clasificación de la extinta SARH. Ver croquis de localización. En la zona del cruce, la vegetación se puede clasificar como pastizales y huertas y el terreno es de lomerío suave a sensiblemente plano.

El cauce en la zona de cruce es sensiblemente recto, estable y encajonado.

El período de lluvias en la región comprende los meses de junio a septiembre.

La precipitación media anual es de 3500 milímetros.

## 2.- Estudio Hidrológico

---

Para el cálculo probabilístico del gasto se compararon tres métodos de entre los cuales se adoptaron los resultados obtenidos con el método de Ven Te Chow, a continuación, se enlistan los métodos utilizados:

1. Método racional
2. Ven Te Chow
3. Hidrograma Triangular Unitario

Para el cálculo del gasto máximo se utilizó la carta topográfica del INEGI, D15B42 Huixtla, escala 1: 50,000 para la delimitación de la cuenca de aportación y la obtención de la pendiente del cauce principal. Las características de la lluvia en la zona de estudio, se obtuvieron de los planos de Isoyetas de Intensidad de Lluvia – Duración – Periodo de retorno del estado de Chiapas, publicadas por la SCT. Cabe señalar que para la obtención de información para los periodos de retorno de 500 y 1000 años, se efectuó una extrapolación a partir de los datos contenidos en los planos de Isoyetas.

Se obtuvo un caudal máximo hasta el cruce, de 317.3 m<sup>3</sup>/s, asociado al período de retorno de 100 años.

Adicionalmente se determinaron los gastos para períodos de retorno de 500 y 1000 años, mismos que resultaron de 419.8 y 462.0 m<sup>3</sup>/s, respectivamente.

### Observaciones

El gasto obtenido se considera confiable, ya que la información de lluvia utilizada se obtuvo de las Isoyetas SCT y de acuerdo con los planos referidos, en la zona se cuenta con pluviógrafos suficientes que representan el comportamiento de la lluvia en la región. La estación Huixtla se localiza en la periferia de la cuenca en estudio

### 3.- Estudio Hidráulico

---

Para realizar el estudio hidráulico se utilizaron tres secciones las cuales fueron levantadas en campo con las siguientes ubicaciones:

1. Sección hidráulica numero 1 ubicada a 135 metros aguas arriba del cruce, al realizar el tránsito de la avenida del gasto obtenido con el estudio hidrológico de  $Q=802.4 \text{ m}^3/\text{s}$ , se obtuvo un nivel de aguas máximas extraordinarias de 97.614 m, referenciados al banco de nivel utilizado para el levantamiento en campo, el gasto obtenido es de  $Q=811.23 \text{ m}^3/\text{s}$ , asociado a una velocidad de  $V= 3.60 \text{ m/s}$ .
2. En la sección hidráulica numero 2 localizada a 55.31 m aguas arriba del cruce se obtuvo un gasto de  $Q= 927 \text{ m}^3/\text{s}$ , asociado a una velocidad de  $V= 3.77 \text{ m/s}$ .
3. En la sección hidráulica numero 3 86.25 m aguas abajo del cruce se obtuvo un gasto de  $Q= 826 \text{ m}^3/\text{s}$ , asociado a una velocidad de  $V= 3.71 \text{ m/s}$ .

### 4.- Conclusiones y recomendaciones

---

De acuerdo con los resultados obtenidos se recomienda adoptar un gasto de diseño obtenido del promedio de las tres secciones de  $Q= 730 \text{ m}^3/\text{s}$ , asociado a una velocidad de  $V= 2.70 \text{ m/s}$ . El nivel de aguas de diseño es de 93.76 m, asociado a un periodo de retorno de 100 años.



## Memoria de cálculo

---

### 1.- Recopilación de información

Para realizar el estudio hidrológico se consultó la siguiente información:

Localización y ubicación del cruce:

1. Carta topográfica del INEGI, D15B42 Huixtla, escala 1:50,000, editada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI.
2. Atlas de comunicaciones y transportes, del estado de Chiapas, editado por la Coordinación General de Planeación, de la SCT.
3. Planos de Isoyetas de Intensidad de lluvia Duración – Periodo de retorno, versión 2000, editadas por la SCT, del estado de Chiapas.

## 2.- Desarrollo

---

Con la información obtenida durante la visita de campo efectuada previamente a la realización del estudio, se localizó el cruce en la carta topográfica D15B42 Huixtla, escala 1: 50,000 y en el plano de la región hidrológica correspondiente.

Debido a que se observó que la cuenca de aportación hasta el cruce es pequeña, se optó por la aplicación de métodos semi-empíricos para la obtención de gasto hidrológico. Es importante mencionar que tanto para la corriente en estudio, como para corrientes vecinas de características similares a la cuenca en estudio no existen estaciones hidrométricas.

Se delimitó la cuenca de aportación hasta el cruce en la carta topográfica y se obtuvo su área mediante auxilio de herramientas computacionales. La longitud del cauce se obtuvo directamente de la carta topográfica sobre el cauce más alejado y en base a las curvas de nivel que cruza se obtuvo información para calcular su pendiente aplicando el método de Taylor Schwars.

De información de campo y cartográfica se determinó el coeficiente de escurrimiento de la cuenca y posteriormente, para determinar el gasto se aplicaron los métodos Racional, Ven Te Chow e Hidrograma Unitario Triangular, empleando para ello información de intensidad de lluvia de las Isoyetas y los datos fisiográficos previamente calculados.

### 3.- Gastos calculados

El método de Ven Te Chow fue deducido basándose en el concepto de hidrogramas unitarios e hidrogramas unitarios sintéticos.

#### Descripción del método de Ven Te Chow

Este método permite conocer el gasto máximo para un determinado periodo de retorno, es aplicable a cuencas no urbanas con áreas menores a 250 Km<sup>2</sup>, El procedimiento de cálculo es el siguiente:

1. De acuerdo al tipo y uso del suelo se calcula el número de escurrimiento N ayudados con las tablas presentadas a continuación:

TIPO A	(Esgurrimiento mínimo). Incluye grava y arena de tamaño medio, limpias y mezcla de ambas
TIPO B	Incluye arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena y limo.
TIPO C	Comprende arenas muy finas, arcillas de baja plasticidad, mezclas de arena, limo y arcilla
TIPO D	(Esgurrimiento máximo). Incluye principalmente arcillas de alta plasticidad, suelos poco profundos con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie.

#### MANUAL

M-PRY-CAR-1-06-004/00

TABLA 3.- Selección del número de escurrimiento  $\eta$

Uso de la tierra o cobertura	Condición de la superficie	Tipo de suelo			
		A	B	C	D
Bosques sembrados y cultivados	Ralo, baja transpiración	45	66	77	83
	Normal, transpiración media	36	60	73	79
	Espeso o alta transpiración	25	55	70	77
Caminos	De tierra	72	82	87	89
	De superficie dura	72	84	90	92
Bosques naturales	Muy ralo o baja transpiración	56	75	86	91
	Ralo, baja transpiración	46	68	78	84
	Normal, transpiración media	36	60	70	76
	Espeso o alta transpiración	26	52	62	69
Descanso (sin cultivo)	Muy espeso o alta transpiración	15	44	54	61
	Surcos rectos	77	86	91	94
Cultivos de surco	Surcos rectos	70	80	87	90
	Surcos en curvas de nivel	67	77	83	87
	Terrazas	64	73	79	82
Cereales	Surcos rectos	64	76	84	88
	Surcos en curvas de nivel	62	74	82	85
	Terrazas	60	71	79	82
Leguminosas (sembradas con maquinaria al voleo) o potrero de rotación	Surcos rectos	62	75	83	87
	Surcos en curvas de nivel	60	72	81	84
	Terrazas	57	70	78	82
Pastizal	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
	Curvas de nivel, pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel, normal	25	59	75	83
	Curvas de nivel, bueno	6	35	70	79
Potreo (permanente)	Normal	30	58	71	78
Superficie impermeable		100	100	100	100

2. Se escoge una cierta duración de lluvia  $d$  (en horas) arbitraria.
3. De las Isoyetas de Intensidad de Lluvia – Duración – Frecuencia, con el valor de  $d$  y el período de retorno elegido, se obtiene la intensidad de lluvia para la tormenta. La precipitación  $P$  (en centímetros) asociada a esta intensidad se obtiene multiplicando dicha intensidad por la duración elegida.
4. Con el valor de  $N$  y el valor de  $P$ , se determina la lluvia en exceso  $P_e$  (en cm/h) empleando la ecuación:

$$P_e = \frac{\left[ P - \frac{508}{N} + 5,08 \right]^2}{P + \frac{2,032}{N} - 20,32}$$

5. Con el valor de  $P_e$  y el valor de  $d$ , se calcula  $X$  aplicando la ecuación:

$$X = \frac{P_e}{d}$$

6. Con la longitud del cauce (en metros) y pendiente del mismo (en %), se calcula el valor de  $t_p$  (en horas)

$$t_p = 0,00505 \left[ \frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0,64}$$

7. Se calcula la relación  $d/t_p$  a fin de determinar el valor de  $Z$ :

Para  $d/t_p$  entre 0.05 y 0.4  $Z = 0.73 \left( \frac{d}{t_p} \right)^{0.97}$

Para  $0.4 \leq d/t_p \leq 2$   $Z = 1.89 \left( \frac{d}{t_p} \right)^{0.23} - 1.23$

Para  $d/t_p > 2$   $Z = 1$

8. Luego se calcula el valor  $Q_m$  mediante la siguiente expresión:

$$Q_m = \frac{2.78(A \cdot Z \cdot P_c)}{d} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

### DETERMINACIÓN DEL GASTO MÁXIMO

Area cuenca	59.000	<b>CRUCE :</b>	<b>TEPUZAPA, C2</b>
Long. cauce	18020.000	<b>CAMINO:</b>	<b>ARRIAGA - TAPACHULA</b>
Pendiente	2.200	<b>TRAMO:</b>	<b>HUIXTLA . TAPACHULA</b>
No. Escurrimiento	60.9	<b>KM :</b>	<b>254+600</b>

d (hrs)	i (cm/hr)	P (cm)	Pe (cm)	X	Tr	d/Tr	Z	Q (m <sup>3</sup> /s)
0.08	32.70	2.71	0.0190	0.2291	2.0768	0.0400	0.0328	1.23
0.17	26.70	4.54	0.0928	0.5459	2.0768	0.0819	0.0646	5.78
0.33	21.10	6.96	0.6847	2.0749	2.0768	0.1589	0.1231	41.89
0.50	19.00	9.50	1.7262	3.4523	2.0768	0.2408	0.1852	104.89
0.60	17.72	10.63	2.2942	3.8237	2.0768	0.2889	0.2218	139.10
0.80	15.16	12.13	3.1228	3.9035	2.0768	0.3852	0.2949	188.81
1.00	12.60	12.60	3.4004	3.4004	2.0768	0.4815	0.3680	205.26
1.20	11.64	13.97	4.2433	3.5361	2.0768	0.5778	0.4279	248.18
1.40	10.68	14.95	4.8813	3.4866	2.0768	0.6741	0.4847	277.16
1.60	9.72	15.55	5.2820	3.3012	2.0768	0.7704	0.5414	293.15
1.80	8.76	15.77	5.4283	3.0157	2.0768	0.8667	0.5982	295.87
2.00	7.80	15.60	5.3144	2.6572	2.0768	0.9630	0.6549	285.43
2.25	7.35	16.54	5.9577	2.6479	2.0768	1.0834	0.7037	305.60
2.50	6.90	17.25	6.4588	2.5835	2.0768	1.2038	0.7426	314.67
2.75	6.45	17.74	6.8073	2.4754	2.0768	1.3241	0.7815	317.30
3.00	6.00	18.00	6.9967	2.3322	2.0768	1.4445	0.8204	313.84
3.50	5.10	17.85	6.8883	1.9681	2.0768	1.6853	0.8982	289.96
4.00	4.20	16.80	6.1411	1.5353	2.0768	1.9260	0.9761	245.79

Para  $Tr = 100$  años  $Q(\text{máx}) = \underline{\underline{317.3}} \text{ m}^3/\text{s}$

CALCULO DE N

TIPO	A (%)	N
Bosque natural Normal, suelo B, N= 60.00	0.90	54.00
Pastizal Normal, suelo B, N= 69.00	0.10	6.90
	1.00	60.90

## MÉTODO : VEN TE CHOW

### DETERMINACIÓN DEL GASTO MÁXIMO

Area cuenca	59.000	CRUCE :	TEPUZAPA, C2
Long. cauce	18020.000	CAMINO:	ARRIAGA - TAPACHULA
Pendiente	2.200	TRAMO:	HUIXTLA . TAPACHULA
No. Escurrimiento	60.9	KM :	254+600

d (hrs)	i (cm/hr)	P (cm)	Pe (cm)	X	Tr	d/Tr	Z	Q (m <sup>3</sup> /s)
0.08	38.90	3.23	0.0001	0.0008	2.0768	0.0400	0.0328	0.00
0.17	31.40	5.34	0.2345	1.3796	2.0768	0.0819	0.0646	14.62
0.33	24.40	8.05	1.0877	3.2961	2.0768	0.1589	0.1231	66.54
0.50	22.10	11.05	2.5174	5.0348	2.0768	0.2408	0.1852	152.97
0.60	20.58	12.35	3.2513	5.4188	2.0768	0.2889	0.2218	197.13
0.80	17.54	14.03	4.2840	5.3550	2.0768	0.3852	0.2949	259.02
1.00	14.50	14.50	4.5851	4.5851	2.0768	0.4815	0.3680	276.77
1.20	13.42	16.10	5.6579	4.7149	2.0768	0.5778	0.4279	330.92
1.40	12.34	17.28	6.4773	4.6266	2.0768	0.6741	0.4847	367.78
1.60	11.26	18.02	7.0083	4.3802	2.0768	0.7704	0.5414	388.97
1.80	10.18	18.32	7.2323	4.0179	2.0768	0.8667	0.5982	394.20
2.00	9.10	18.20	7.1419	3.5710	2.0768	0.9630	0.6549	383.58
2.25	8.58	19.29	7.9478	3.5324	2.0768	1.0834	0.7037	407.68
2.50	8.05	20.13	8.5730	3.4292	2.0768	1.2038	0.7426	417.67
2.75	7.53	20.69	9.0066	3.2751	2.0768	1.3241	0.7815	419.81
3.00	7.00	21.00	9.2419	3.0806	2.0768	1.4445	0.8204	414.54
3.50	5.95	20.83	9.1073	2.6021	2.0768	1.6853	0.8982	383.37
4.00	4.90	19.60	8.1769	2.0442	2.0768	1.9260	0.9761	327.28

Para  $T_r = 500$  años  $Q(\text{máx}) = \underline{\underline{419.8}} \text{ m}^3/\text{s}$

CALCULO DEN

TIPO	A (%)	N
Bosque natural Normal, suelo B, N= 60.00	0.90	54.00
Pastizal Normal, suelo B, N= 69.00	0.10	6.90
	1.00	60.90

## MÉTODO : VEN TE CHOW

### DETERMINACIÓN DEL GASTO MÁXIMO

Area cuenca	59.000	CRUCE :	TEPUZAPA, C2
Long. cauce	18020.000	CAMINO:	ARRIAGA - TAPACHULA
Pendiente	2.200	TRAMO:	HUIXTLA . TAPACHULA
No. Escurrimient	60.9	KM :	254+600

d (hrs)	i (cm/hr)	P (cm)	Pe (cm)	X	Tp	d/Tp	Z	Q (m <sup>3</sup> /s)
0.08	41.60	3.45	0.0022	0.0267	2.0768	0.0400	0.0328	0.14
0.17	33.40	5.68	0.3119	1.8345	2.0768	0.0819	0.0646	19.44
0.33	25.80	8.51	1.2796	3.8776	2.0768	0.1589	0.1231	78.28
0.50	23.40	11.70	2.8775	5.7550	2.0768	0.2408	0.1852	174.85
0.60	21.78	13.07	3.6825	6.1376	2.0768	0.2889	0.2218	223.27
0.80	18.54	14.83	4.8022	6.0027	2.0768	0.3852	0.2949	290.35
1.00	15.30	15.30	5.1127	5.1127	2.0768	0.4815	0.3680	308.61
1.20	14.16	16.99	6.2762	5.2302	2.0768	0.5778	0.4279	367.08
1.40	13.02	18.23	7.1623	5.1159	2.0768	0.6741	0.4847	406.68
1.60	11.88	19.01	7.7354	4.8346	2.0768	0.7704	0.5414	429.32
1.80	10.74	19.33	7.9763	4.4313	2.0768	0.8667	0.5982	434.75
2.00	9.60	19.20	7.8780	3.9390	2.0768	0.9630	0.6549	423.11
2.25	9.05	20.36	8.7535	3.8904	2.0768	1.0834	0.7037	449.01
2.50	8.50	21.25	9.4350	3.7740	2.0768	1.2038	0.7426	459.66
2.75	7.95	21.86	9.9115	3.6042	2.0768	1.3241	0.7815	461.98
3.00	7.40	22.20	10.1760	3.3920	2.0768	1.4445	0.8204	456.44
3.50	6.30	22.05	10.0583	2.8738	2.0768	1.6853	0.8982	423.40
4.00	5.20	20.80	9.0881	2.2720	2.0768	1.9260	0.9761	363.74

Para Tr = 1000 años      Q(máx) = 462.0 m<sup>3</sup>/s

#### CALCULO DE N

TIPO	A (%)	N
Bosque natural Normal, suelo B, N=	60.00	54.00
Pastizal Normal, suelo B, N=	69.00	6.90
	1.00	60.90

## Método racional

Este método, que la literatura inglesa atribuye a Lloyd-George en 1906, si bien los principios del mismo fueron establecidos por Mulvaney en 1850, permite determinar el caudal máximo que escurrirá por una determinada sección, bajo el supuesto que éste acontecerá para una lluvia de intensidad máxima constante y uniforme en la cuenca correspondiente a una duración  $D$  igual al tiempo de concentración de la sección.

1. El gasto de una corriente utilizando el método antes mencionado se calcula con la siguiente expresión.

Donde:

$$Q_p = 0.278CIA$$

$Q_p$	Gasto máximo, en $m^3/s$ .
$C$	Coefficiente de escurrimiento, adimensional.
$I$	Intensidad de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración, en $mm/h$ .
$A$	Área de la cuenca drenada, en $km^2$ .
0.278	Factor de homogeneidad de unidades.

El coeficiente  $C$  representa la relación entre el volumen escurrido y el llovido, y depende del tipo de terreno o superficie de la cuenca en estudio. En la tabla siguiente se muestran los valores que se usualmente se adoptan para dicho coeficiente.

Tipo del área por drenar	Pendiente (%)	Coefficiente de escurrimiento c
<b>Con césped</b>		
<b>Suelo arenoso</b>	2	0.05 – 0.10
<b>Suelo arenoso</b>	2 a 7	0.10 – 0.15
<b>Suelo arenoso</b>	7	0.15 – 0.20
<b>Suelo grueso</b>	2	0.13 – 0.17
<b>Suelo grueso</b>	2 a 7	0.18 – 0.22
<b>Suelo grueso</b>	7	0.25 – 0.35
<b>Zonas comerciales</b>		
<b>Áreas céntricas</b>		0.70 – 0.95
<b>Áreas vecinas</b>		0.50 – 0.70
<b>Zonas residenciales</b>		
<b>Áreas familiares</b>		0.30 – 0.50
<b>Áreas multifamiliares separadas</b>		0.40 – 0.60
<b>Áreas multifamiliares juntas</b>		0.60 – 0.75
<b>Áreas suburbanas</b>		0.25 – 0.40
<b>Áreas de apartamentos habitacionales</b>		0.50 – 0.70
<b>Zonas industriales</b>		
<b>Claros</b>		0.50 – 0.80
<b>Zonas densamente construidas</b>		0.60 – 0.90
<b>Parques y cementerios</b>		0.10 – 0.25
<b>Áreas de recreo</b>		0.20 – 0.35
<b>Patios de FF CC</b>		0.20 – 0.40
<b>Áreas provisionales</b>		0.10 – 0.30
<b>Calles</b>		
<b>Asfaltadas</b>		0.70-0.95
<b>De concreto</b>		0.80-0.95
<b>Enladrillado</b>		0.70-0.85
<b>Calzadas y banquetas</b>		0.75-0.85
<b>Azoteas y techados</b>		0.75-0.95
<b>Zonas rurales</b>		
<b>Campos cultivados</b>		0.20-0.40
<b>Zonas forestadas</b>		0.10-0.30

2. En caso de que la cuenca por drenar esté compuesta por diferentes tipos de

suelo, el coeficiente de escurrimiento global C se debe obtener mediante la siguiente ecuación:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{A}$$

Donde:

	Coeficiente de escurrimiento global.
C <sub>i</sub>	Coeficiente de cada área parcial.
A <sub>i</sub>	Área parcial, en km <sup>2</sup> .
n	Número de áreas parciales.
A	Área total de la cuenca, en km <sup>2</sup> .

3. Para evaluar el tiempo de concentración puede emplearse la siguiente ecuación determinada por Kirpich.

$$T_c = 0.0662 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

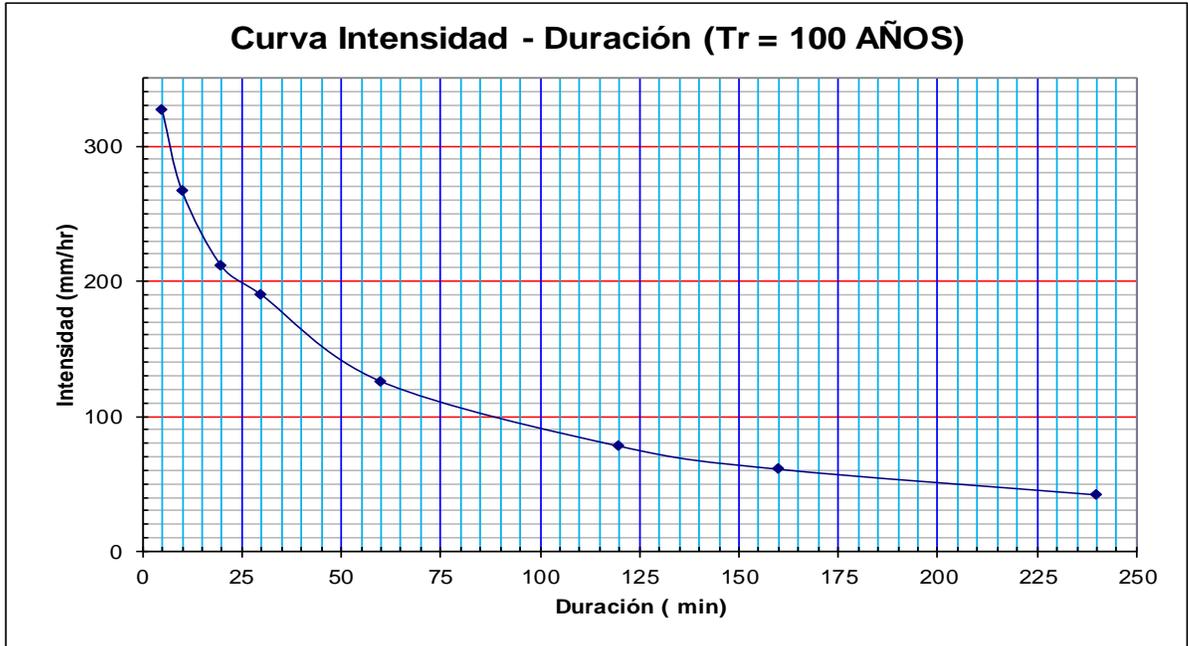
Donde:

	Tiempo de concentración, en h.
L	Longitud del cauce principal, más la distancia desde el inicio del escurrimiento, al parteaguas, medida perpendicularmente a las curvas de nivel, en km.
S	Pendiente del cauce, adimensional y en decimales.

4. Una vez determinado el tiempo de concentración se debe determinar la intensidad de lluvia a partir de las Isoyetas de Intensidad de Lluvia – Duración – Frecuencia para la República Mexicana, elaboradas y publicadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; se debe considerar la duración de la tormenta igual al tiempo de concentración calculado y el período de retorno se fija de acuerdo al criterio mencionado anteriormente.

## METODO RACIONAL

<b>CRUCE:</b>	<b>TEPUZAPA, C2</b>	Área de cuenca	59.00	km <sup>2</sup>
<b>CAMINO:</b>	<b>ARRIAGA - TAPACHULA</b>	Longitud del cauce principal hasta el part	18.02	km
<b>TRAMO:</b>	<b>HUIXTLA - TAPACHULA</b>			
<b>KM:</b>	<b>254+600</b>			
<b>ORIGEN:</b>	<b>TAPANATEPEC, OAX.</b>	Pendiente media del cauce principal	2.200	%



### DETERMINACION DEL TIEMPO DE CONCENTRACION

$$T_c = 0.0662 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

L = Longitud del cauce

S = Pendiente media del cauce principal

T<sub>c</sub> = 2.7 hr  
T<sub>c</sub> = 160.0 min

### INTENSIDADES DE LLUVIA; (OBTENIDAS DEL PLANO DE ISOYETAS)

D (min)	I (mm/hr)
5	327
10	267
20	211
30	190
60	126
120	78
<b>160.0</b>	<b>61</b>
240	42

PARA TR = 100 AÑOS

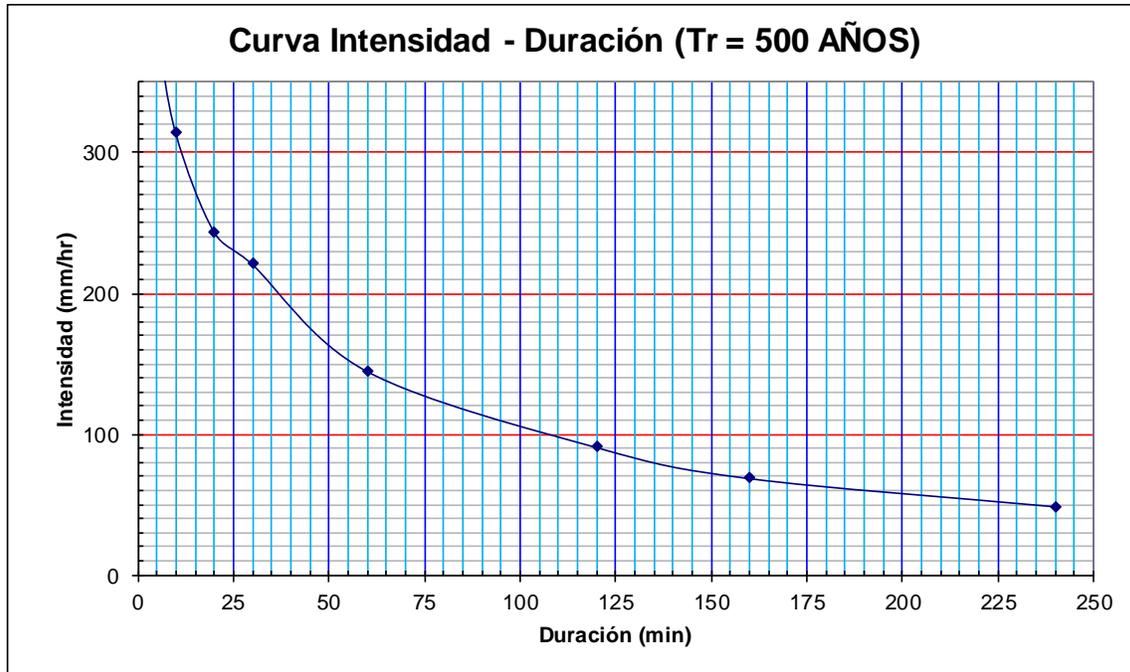
### CALCULO DEL GASTO:

Q = 250.1 m<sup>3</sup>/s

TR = 100 AÑOS

## METODO RACIONAL

CRUCE:	TEPUZAPA, C2	Área de cuenca	59.00	km <sup>2</sup>
CAMINO:	ARRIAGA - TAPACHULA	Longitud del cauce principal hasta el part	18.02	km
TRAMO:	HUIXTLA - TAPACHULA			
KM:	254+600			
ORIGEN:	TAPANATEPEC, OAX.	Pendiente media del cauce principal	2.200	%



### DETERMINACION DEL TIEMPO DE CONCENTRACION

$$T_c = 0.0662 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

L = Longitud del cauce

S = Pendiente media del cauce principal

T<sub>c</sub> = 2.7 hr  
T<sub>c</sub> = 160.0 min

### INTENSIDADES DE LLUVIA; (OBTENIDAS DEL PLANO DE ISOYETAS)

D (min)	I (mm/hr)
5	389
10	314
20	244
30	221
60	145
120	91
<b>160.0</b>	<b>69</b>
240	49

PARA TR = 500 AÑOS

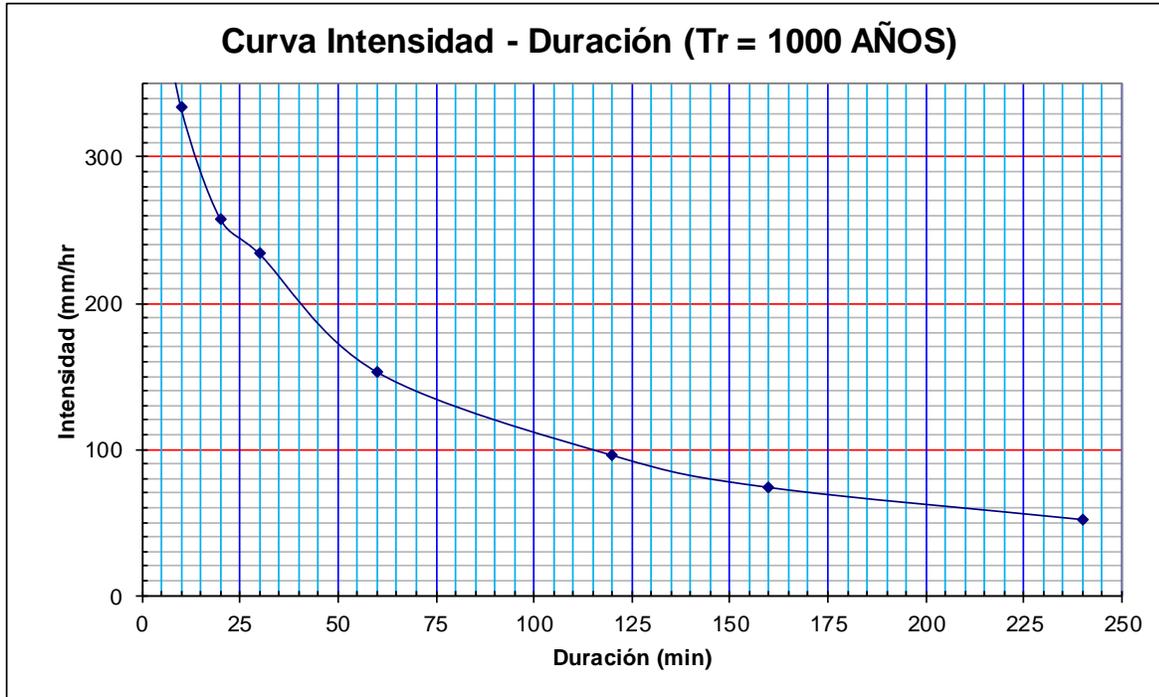
### CALCULO DEL GASTO:

Q = 282.9 m<sup>3</sup>/s

TR = 500 AÑOS

## METODO RACIONAL

<b>CRUCE:</b> TEPUZAPA, C2	Área de cuenca	59.00	km <sup>2</sup>
<b>CAMINO:</b> ARRIAGA - TAPACHULA	Longitud del cauce principal hasta el part	18.02	km
<b>TRAMO:</b> HUIXTLA - TAPACHULA			
<b>KM:</b> 254+600			
<b>ORIGEN:</b> TAPANATEPEC, OAX.	Pendiente media del cauce principal	2.200	%



### DETERMINACION DEL TIEMPO DE CONCENTRACION

$$T_c = 0.0662 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

L = Longitud del cauce

S = Pendiente media del cauce principal

T<sub>c</sub> = 2.7 hr  
T<sub>c</sub> = 160.0 min

### INTENSIDADES DE LLUVIA; (OBTENIDAS DEL PLANO DE ISOYETAS)

D (min)	I (mm/hr)
5	416
10	334
20	258
30	234
60	153
120	96
<b>160.0</b>	<b>74</b>
240	52

PARA TR = 1000 AÑOS

### CALCULO DEL GASTO:

Q = 303.4 m<sup>3</sup>/s      TR = 1000 AÑOS

## Método del Hidrograma Unitario Triangular

Los métodos que se basan en hidrogramas unitarios sintéticos permiten obtener hidrogramas unitarios a partir de las características generales de la cuenca. Uno de estos métodos es el hidrograma unitario triangular, desarrollado por Mockus (1957, en Aparicio, 2007). La figura presentada esquematiza este tipo de hidrograma. En un hidrograma triangular, el gasto pico se calcula:

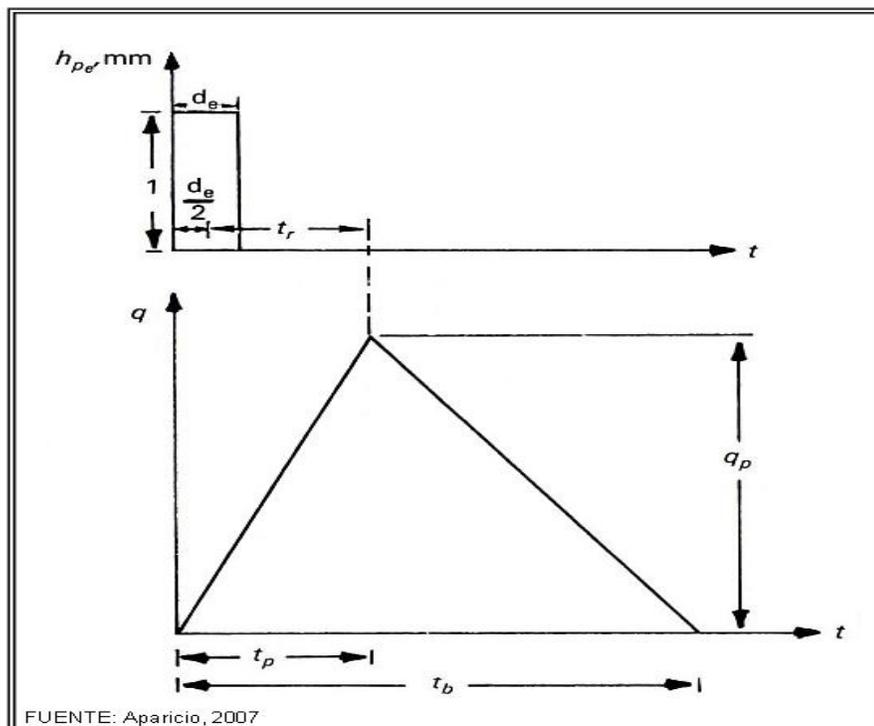
$$q_p = \frac{0.555 A}{t_b}$$

Donde:

$q_p$ , gasto pico unitario, en  $\text{m}^3/\text{s} / \text{mm}$

$A$ , área de la cuenca, en  $\text{km}^2$

$t_b$ , tiempo base, en h



Del análisis de varios hidrogramas, Mockus determinó que el tiempo base puede calcularse en función del tiempo pico:

$$t_b = 2.67 t_p$$

El tiempo pico es:

$$t_p = \frac{d_e}{2} + t_r$$

La duración en exceso con la que se tiene mayor gasto del pico, a falta de mejores datos, se puede calcular como:

$$d_e = 2\sqrt{tc}$$

#### METODO HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

$$Q = qp * Pe$$

$$qp = \frac{0.208 A}{tp}$$

$$tp = \sqrt{tc} + 0.6tc$$

Q - Gasto de la cuenca, en m<sup>3</sup>/s  
qp - Gasto de pico, en m<sup>3</sup>/s/mm  
Pe - Precipitación en exceso en cm.  
A - Area de la cuenca, en km<sup>2</sup>  
tp - tiempo pico, en hrs  
tc - tiempo de concentración, en hrs

CRUCE: TEPUZAPA, C2  
CAMINO: ARRIAGA - TAPACHULA  
TRAMO: HUIXTLA - TAPACHULA  
KM: 254+600  
ORIGEN: TAPANATEPEC, OAX.

#### DATOS DE CALCULO

Área de cuenca	<u>59.00</u> km2	Tr	I	P
		100	51.00	166.76
Longitud del cauce principal hasta el parteaguas	<u>18.02</u> km			
Pendiente media del cauce principal	<u>2.200</u> %			
No. De Escurrimiento N	<u>60.9</u> SUELO B			

CUENCA	PENDIENTE DE LA CUENCA	LONGITUD DEL CAUCE	AREA DE CUENCA	NUMERO DE ESCURRIMIENTO	PRECIPITACION	TIEMPO DE CONCENTRACION	DURACION EN EXCESO	TIEMPO DE RETRASO	TIEMPO PICO	TIEMPO BASE	GASTO PICO	PRECIPITACION EXCEDENTE	GASTO MAXIMO
	S (adim.)	L (m)	A (km <sup>2</sup> )	N (adim)	P (cm)	t <sub>c</sub> (hr)	D <sub>e</sub> (hr)	t <sub>r</sub>	t <sub>p</sub>	T <sub>b</sub>	q <sub>p</sub>	P <sub>e</sub>	Q máx.
1	0.022	18020	59	60.9	16.675969	2.672894483	3.2697978	1.603737	3.2386356	8.647157	3.78925	6.05430136	229

I = P / d donde:  
I = Intensidad de lluvia (mm/hr)  
P = Altura de precipitación (mm)  
d = Duración de la precipitación ( hr )

Despejando: P = I \* d

Como d = de, d = 3.3 Entonces I = 51.00 mm/hr, y P = 166.75969 mm

D (min)	I (mm/hr)
196.19	51.00

Figura 1 H.U.T para Tr = 100 años

### METODO HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

$$Q = qp * Pe$$

$$qp = \frac{0.208 A}{tp}$$

$$tp = \sqrt{tc} + 0.6tc$$

Q - Gasto de la cuenca, en m<sup>3</sup>/s  
qp - Gasto de pico, en m<sup>3</sup>/s/mm  
Pe - Precipitación en exceso en cm.  
A - Area de la cuenca, en km<sup>2</sup>  
tp - tiempo pico, en hrs  
tc - tiempo de concentración, en hrs

CRUCE: TEPUZAPA, C2  
CAMINO: ARRIAGA - TAPACHULA  
TRAMO: HUIXTLA - TAPACHULA  
KM: 254+600  
ORIGEN: TAPANATEPEC, OAX.

### DATOS DE CALCULO

Área de cuenca 59.00 km<sup>2</sup> Tr 500 I 59.00 P 192.92  
Longitud del cauce principal hasta el parteaguas 18.02 km  
Pendiente media del cauce principal 2.200 %  
No. De Escurrimiento N 60.9 SUELO B

CUENCA	PENDIENTE DE LA CUENCA	LONGITUD DEL CAUCE	AREA DE CUENCA	NUMERO DE ESCURRIMIENTO	PRECIPITACION	TIEMPO DE CONCENTRACION	DURACION EN EXCESO	TIEMPO DE RETRASO	TIEMPO PICO	TIEMPO BASE	GASTO PICO	PRECIPITACION EXCEDENTE	GASTO MAXIMO
	S (adim.)	L (m)	A (km <sup>2</sup> )	N (adim)	P (cm)	t <sub>c</sub> (hr)	D <sub>e</sub> (hr)	t <sub>r</sub>	t <sub>p</sub>	T <sub>b</sub>	q <sub>p</sub>	P <sub>e</sub>	Q máx.
1	0.022	18020	59.00	60.9	19.291807	2.672894483	3.2697978	1.603737	3.2386356	8.647157	3.78925	7.94636355	301

I = P / d donde: I = Intensidad de lluvia (mm/hr)  
P = Altura de precipitación (mm)  
d = Duración de la precipitación ( hr )

Despejando: P = I \* d

Como d = de, d = 3.3 Entonces I = 59.00 mm/hr, y P = 192.91807 mm

D (min)	I (mm/hr)
196.19	59.00

### METODO HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

$$Q = qp * Pe$$

$$qp = \frac{0.208 A}{tp}$$

$$tp = \sqrt{tc} + 0.6tc$$

Q -Gasto de la cuenca, en m<sup>3</sup>/s

qp - Gasto de pico, en m<sup>3</sup>/s/mm

Pe - Precipitación en exceso en cm.

A - Area de la cuenca, en km<sup>2</sup>

tp - tiempo pico, en hrs

tc - tiempo de concentración, en hrs

CRUCE: TEPUZAPA, C2

CAMINO: ARIAGA - TAPACHULA

TRAMO: HUIXTLA - TAPACHULA

KM: 254+600

ORIGEN: TAPANATEPEC, OAX.

### DATOS DE CALCULO

Área de cuenca 59.00 km<sup>2</sup>

Tr      I      P  
1000    64.00    209.27

Longitud del cauce principal hasta el parteaguas 18.02 km

Pendiente media del cauce principal 2.200 %

No. De Escurrimiento N 60.9 SUELO B

cuenca	PENDIENTE DE LA CUENCA S (adim.)	LONGITUD DEL CAUCE L (m)	AREA DE CUENCA A (km <sup>2</sup> )	NUMERO DE ESCURRIMIENTO N (adim)	PRECIPITACION P (cm)	TIEMPO DE CONCENTRACION t <sub>c</sub> (hr)	DURACION EN EXCESO D <sub>e</sub> (hr)	TIEMPO DE RETRASO t <sub>r</sub>	TIEMPO PICO t <sub>p</sub>	TIEMPO BASE T <sub>b</sub>	GASTO PICO q <sub>p</sub>	PRECIPITACION EXCEDENTE P <sub>e</sub>	GASTO MAXIMO Q máx.
1	0.022	18020	59	60.9	20.926706	2.672894483	3.2697978	1.603737	3.2386356	8.647157	3.78925	9.18550238	348

I = P / d    donde:    I = Intensidad de lluvia (mm/hr)  
P = Altura de precipitación (mm)  
d = Duración de la precipitación ( hr )

Despejando: P = I \* d

Como d = de, d = 3.3    Entonces I = 64.00 mm/hr, y P = 209.26706 mm

D (min)	I (mm/hr)
196.19	64.00

#### 4.- Resumen de resultados

METODO	GASTO (m <sup>3</sup> /s) TR 100 AÑOS	GASTO (m <sup>3</sup> /s) TR 200 AÑOS	GASTO (m <sup>3</sup> /s) TR 500 AÑOS
Racional	250.1	282.9	303.4
<b>Ven Te Chow</b>	<b>317.3</b>	<b>419.8</b>	<b>462.0</b>
Hidrograma Unitario Triangular	229.0	301.0	348.0

Cabe señalar que, de acuerdo con sus hipótesis y rangos de aplicación, los tres métodos semiempíricos son adecuados, y al resultar ligeramente mayor el gasto obtenido con el método Ven Te Chow, se adopta como gasto del estudio hidrológico.

#### 5.- Localización del puente

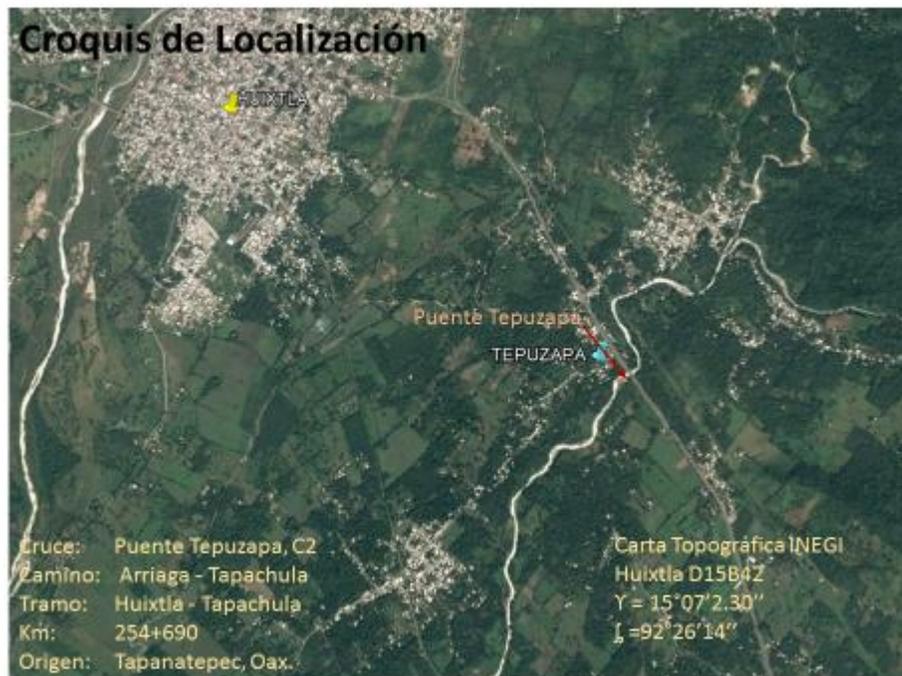


Figura 5 Vista satelital



Figura 6 Croquis de la cuenca

## 6.- Simbología

---

Simbología	
d	Duración total de la tormenta, en h.
de	Duración en exceso, en h.
L	Longitud del cauce principal, en m.
N	Número de escurrimiento, adimensional.
P	Altura de precipitación en la zona en estudio para una duración d, en cm.
P <sub>b</sub>	Altura de precipitación en la estación base para la duración d en cm.
P <sub>a</sub>	Altura de precipitación media anual en la zona en estudio, en mm.
P <sub>ab</sub>	Altura de precipitación media anual en la estación base, en mm.
P <sub>e</sub>	Altura de precipitación en exceso en la zona en estudio, para una duración d, en cm.
Q <sub>b</sub>	Gasto base, en m <sup>3</sup> /s.
Q <sub>d</sub>	Gasto hidrológico, en m <sup>3</sup> /s.
Q <sub>m</sub>	Gasto de pico del hidrograma del escurrimiento directo, en m <sup>3</sup> /s.
q <sub>m</sub>	Gasto de pico del hidrograma unitario, en m <sup>3</sup> /s por cm de lluvia en exceso para una duración de d en horas.
S	Pendiente media del cauce, en porcentaje.
tr	Tiempo de retraso, en h.
tc	Tiempo de concentración, en h.
t <sub>p</sub>	Tiempo de retraso, en h.
X	Factor de escurrimiento, en cm/h.
Y	Factor climático, adimensional.
Z	Factor de reducción del pico, adimensional.

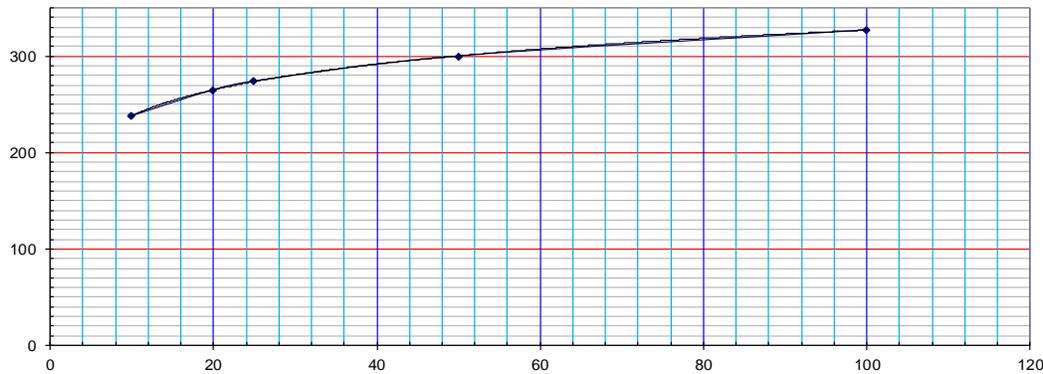
## 7.- Isoyetas para método racional

DURACION (min)	PERIODOS DE RETORNO (años)						
	10	20	25	50	100	500	1000
5	238	265	274	300	327	389	416
10	200	221	227	247	267	314	334
20	164	179	183	197	211	244	258
30	146	160	164	177	190	221	234
60	99	107	110	118	126	145	153
120	60	65	67	73	78	91	96
240	32	35	36	39	42	49	52

d=5 min.

$$y = 38.556\ln(x) + 149.45$$

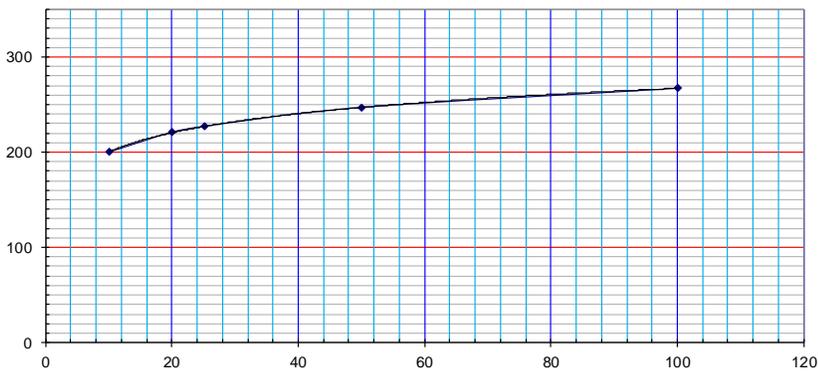
$$R^2 = 0.9999$$



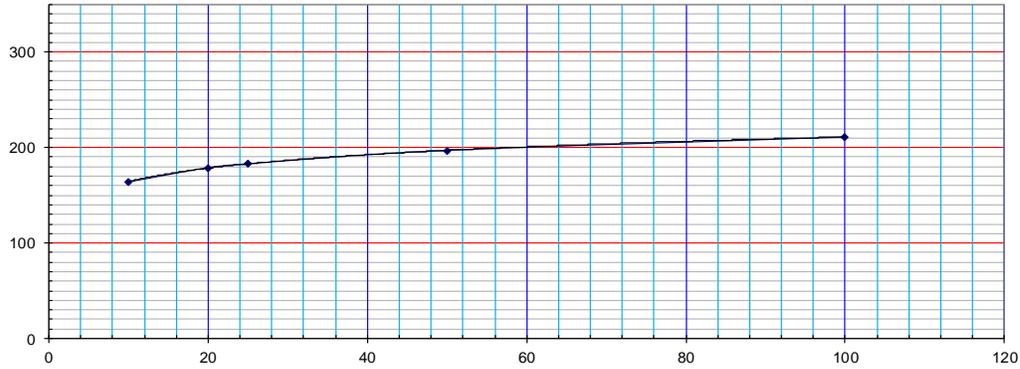
d = 10 min.

$$y = 28.995\ln(x) + 133.62$$

$$R^2 = 0.9998$$



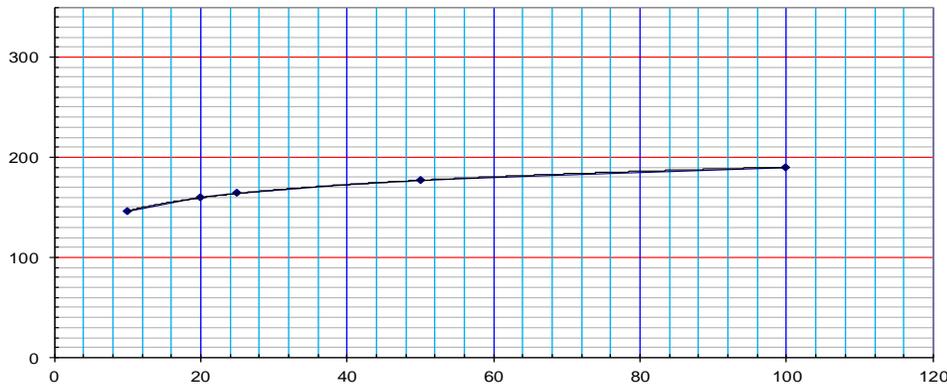
d=20 min.



$$y = 20.306\ln(x) + 117.62$$

$$R^2 = 0.9996$$

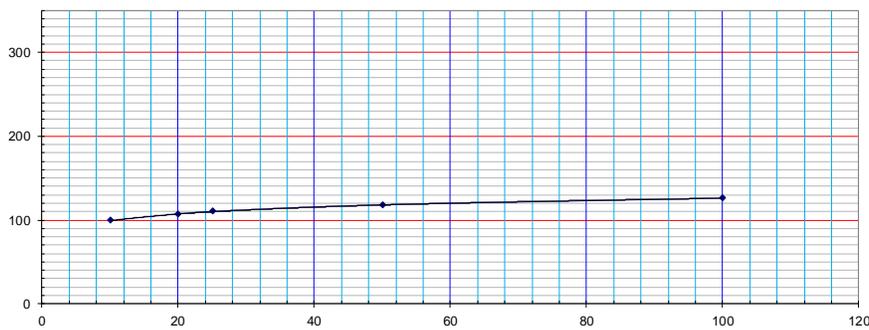
d = 30 min.



$$y = 19.02\ln(x) + 102.6$$

$$R^2 = 0.9996$$

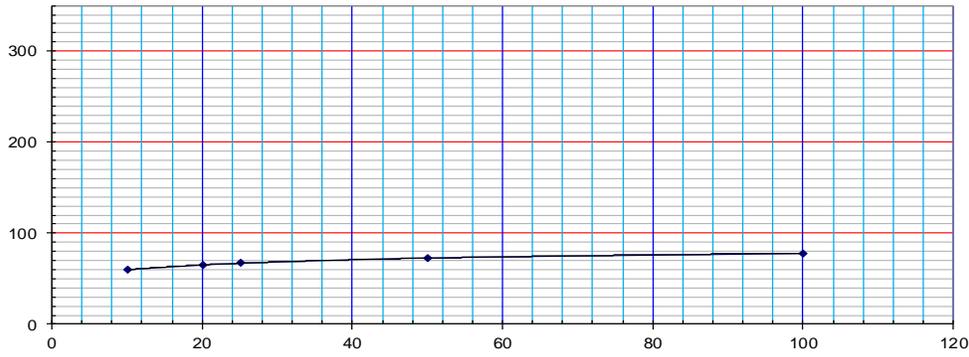
d=60 min.



$$y = 11.748\ln(x) + 71.976$$

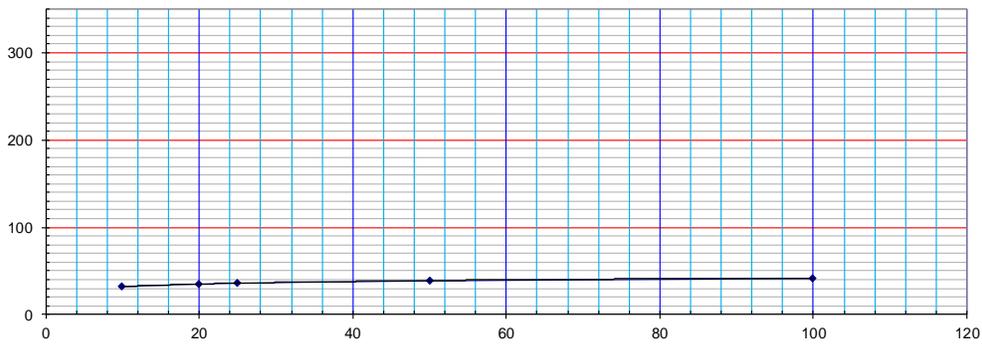
$$R^2 = 0.9998$$

d=120 min.



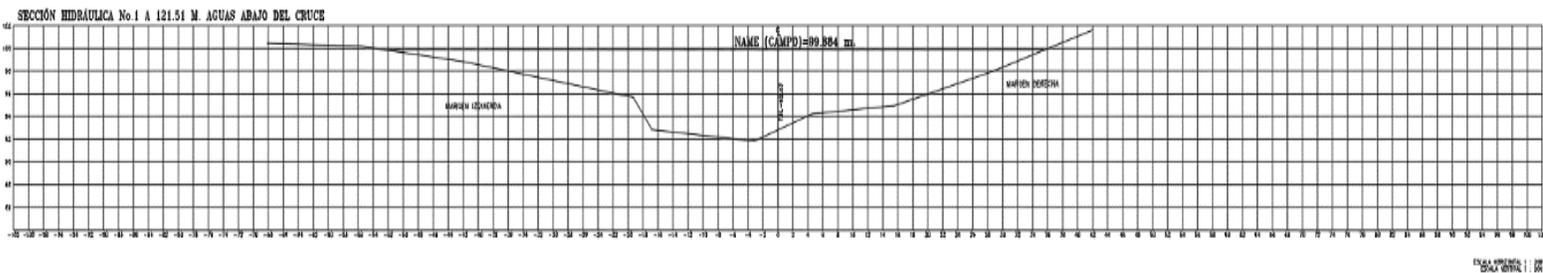
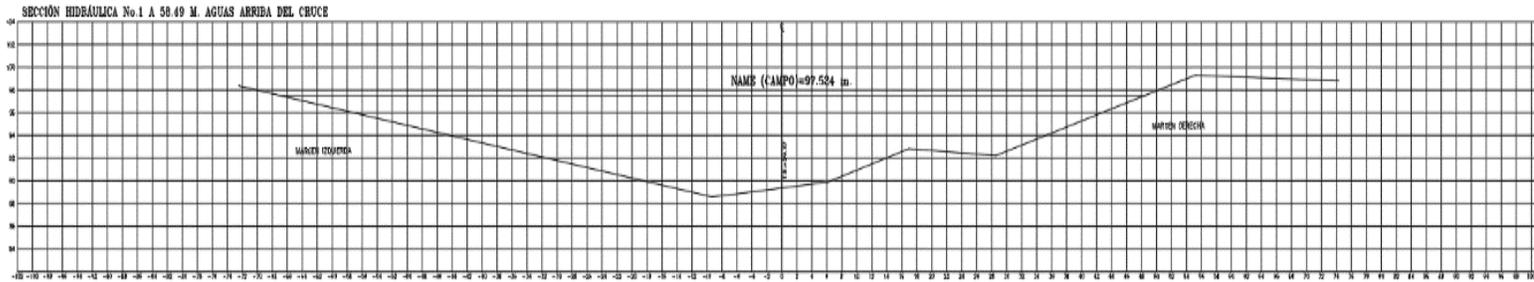
$$y = 7.9503\ln(x) + 41.514$$
$$R^2 = 0.9984$$

d=240 min.



$$y = 4.3447\ln(x) + 21.998$$
$$R^2 = 1$$

## 8.- Perfiles



## 9.- Método de Taylor - Schwarz

### METODO DE TAYLOR - SCHWARZ CALCULO DE LA PENDIENTE MEDIA

Número de tramos	Longitud (m)	Nivel inicial (m)	Nivel final (m)	Desnivel (m)	Si	$\sqrt{Si}$	$\frac{1}{\sqrt{Si}}$	$\frac{1}{\sqrt{Si}} \times N^\circ \text{ de tramos}$
1	1802	1250	968	282	0.1567	0.3958	4552.8	4552.8
1	1802	968	769	199	0.1103	0.3321	5426.7	5426.7
1	1802	769	552	217	0.1203	0.3469	5195.2	5195.2
1	1802	552	369	184	0.1018	0.3191	5647.0	5647.0
1	1802	369	218	151	0.0838	0.2895	6225.1	6225.1
1	1802	218	99	119	0.0659	0.2567	7021.1	7021.1
1	1802	99	87	12	0.0068	0.0823	21900.4	21900.4
1	1802	87	75	12	0.0068	0.0826	21811.2	21811.2
1	1802	75	62	12	0.0068	0.0823	21900.4	21900.4
1	1802	62	50	12	0.0068	0.0826	21811.2	21811.2
10	18020.0						121491.0	121491.0

Pendiente longitudinal del cauce  $S_c = [N^\circ \text{ de tramos} / \text{sumatoria de } ((1/S_i)^{1/2}) \times N^\circ \text{ de tramos}]$

$S_c = 0.0219999$  adimensional  
 $S_c = 2.20$  Por ciento

$S_g = 0.067$

