

LIBRO: PRY. PROYECTO
TEMA: CAR. Carreteras
PARTE: 1. ESTUDIOS
TÍTULO: 06. Estudios Hidráulico-Hidrológicos para Puentes
CAPÍTULO: 004. Análisis Hidrológicos

A. CONTENIDO

Este Manual contiene los procedimientos comúnmente empleados para los análisis hidrológicos a que se refiere la Norma N-PRY-CAR-1-06-004, *Análisis Hidrológicos*, para determinar los gastos que se utilizarán en el diseño hidráulico del puente, de acuerdo con los periodos de retorno que se establezcan conforme a lo indicado en la Cláusula D. de esa Norma, para la elaboración del estudio hidráulico-hidrológico para puentes que realice la Secretaría con recursos propios o mediante un Contratista de Servicios.

B. REFERENCIAS

Es referencia de este Manual, la última versión de la publicación *Envoltentes de Gastos Máximos y Probables para la República Mexicana*, editada por la Comisión Nacional del Agua.

Además, este Manual se complementa con las últimas versiones de las siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Trabajos de Campo	N-PRY-CAR-1-06-002
Análisis Hidrológicos	N-PRY-CAR-1-06-004
Procesamiento de Información	M-PRY-CAR-1-06-003

C. ANÁLISIS HIDROLÓGICOS

Para determinar los gastos que han de utilizarse en el diseño hidráulico del puente, de acuerdo con los periodos de retorno que se establezcan, el Ingeniero o Contratista de Servicios debe realizar los análisis hidrológicos que correspondan según el tipo y confiabilidad de la información disponible, pudiendo aplicar los métodos que se describen en este Manual, tomando en cuenta las limitaciones que de cada uno se señalan en la Norma N-PRY-CAR-1-06-004, *Análisis Hidrológicos*.

D. MÉTODOS EMPÍRICOS (MÉTODO DE CREAGER)

El Método de Creager es el método empírico más utilizado, que se basa en la asociación gráfica de los gastos máximos por unidad de área con diferentes periodos de retorno, medidos en cuencas hidrológicas de todo el mundo. Los puntos graficados quedan comprendidos abajo de una curva envolvente de todos ellos, cuya ecuación es la siguiente:

$$q = 0,2075CA^{1,048}$$

Donde:

q = Gasto unitario, $[(m^3/s) / km^2]$

A = Área de la cuenca, (km^2)

C = Parámetro adimensional que depende de la región hidrológica en que se encuentre la cuenca en estudio y que puede obtenerse en la publicación *Envoltentes de Gastos Máximos Observados y Probables en la República Mexicana*, que edita la Comisión Nacional del Agua, dependencia que dividió la República Mexicana en 37 regiones hidrológicas, y utilizando la ecuación de Creager, elaboró para cada región las curvas envolventes para períodos de retorno de 5, 10, 20, 50, 100, 1000 y 10 000 años.

Para calcular el gasto máximo correspondiente a un periodo de retorno, se procede como sigue:

- D.1.** Con el área de la cuenca (A), en kilómetros cuadrados, se entra en la gráfica correspondiente a la región hidrológica donde se localice la cuenca en estudio, hasta cortar verticalmente la curva correspondiente al periodo de retorno (Tr) establecido; desde este punto una línea horizontal permite determinar el gasto unitario (q) correspondiente.
- D.2.** Con el gasto unitario obtenido como se describe en la Fracción anterior y el área de la cuenca determinada como se indica en la Fracción C.1. del Manual M-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información*, se calcula el gasto máximo para el periodo de retorno considerado con la siguiente fórmula:

$$Q_{Tr} = qA$$

Donde:

Q_{Tr} = Gasto máximo para el periodo de retorno Tr establecido, (m^3/s)

q = Gasto unitario para el periodo de retorno Tr establecido, obtenido para la región hidrológica donde se ubique la cuenca en estudio, $[(m^3/s)/km^2]$

A = Área de la cuenca, (km^2)

- D.3.** De la misma forma se calculan los gastos máximos para cada uno de los periodos de retorno establecidos de acuerdo con lo indicado en la Cláusula D. de la Norma N-PRY-CAR-1-06-004, *Análisis Hidrológicos*. Esos gastos se asientan en un papel semilogarítmico, elaborando una gráfica de *gastos máximos–periodos de retorno según el Método de Creager*, como la mostrada en la Figura 1 de este Manual, en la que las ordenadas en escala natural corresponden a los gastos y las abscisas en escala logarítmica, a los periodos de retorno.

E. MÉTODOS SEMIEMPÍRICOS

Las hipótesis en que se basan los métodos semiempíricos, en general suponen que la duración de la tormenta coincide con el tiempo de pico del escurrimiento, que todas las porciones de la cuenca contribuyen a la magnitud de éste, que la capacidad de infiltración es constante en el tiempo, que la intensidad de lluvia es uniforme sobre toda la cuenca y que sus antecedentes de humedad y almacenaje son despreciables.

Estos métodos proporcionan el escurrimiento debido a la precipitación, por lo que, si la corriente en el cauce es perenne, los gastos máximos que se determinen con ellos se corrigen adicionándoles el gasto de dicha corriente (*gasto base*), para obtener los que han de utilizarse en el diseño hidráulico del puente.

Los métodos semiempíricos más utilizados se describen a continuación:

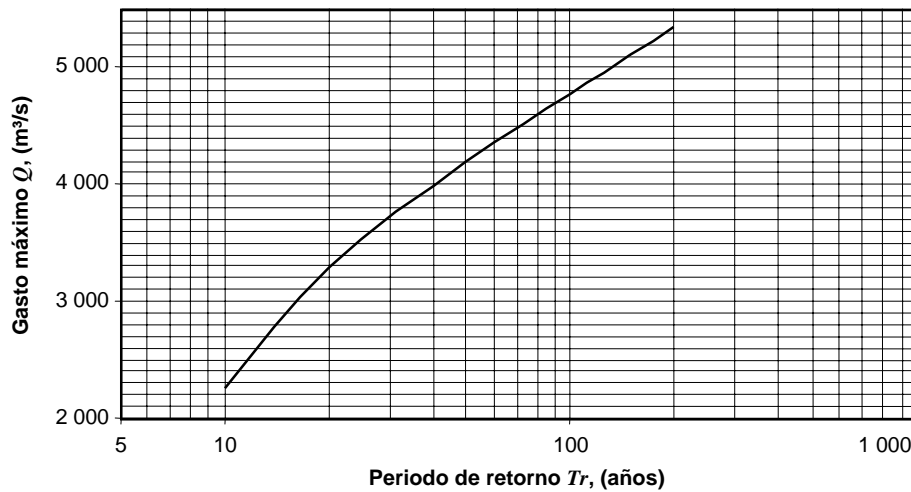


FIGURA 1.- Gastos máximos–periodos de retorno según el Método de Creager

E.1. MÉTODO RACIONAL

Para calcular con este método el gasto máximo correspondiente a un periodo de retorno, se procede como sigue:

- E.1.1.** Con la longitud (L) y la pendiente media del cauce principal (S_c), determinadas como se indica en la Fracción C.2. del Manual M-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información*, se calcula el tiempo de concentración (t_c), que es el tiempo requerido para que el agua escurra desde el punto más lejano de la cuenca hasta el sitio donde se construirá el puente, mediante la fórmula de Kirpich:

$$t_c = 0,0662 \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}}$$

Donde:

- t_c = Tiempo de concentración, (h)
- L = Longitud del cauce principal, (km)
- S_c = Pendiente media del cauce principal, adimensional

- E.1.2.** Con el tiempo de concentración en horas o transformado a minutos, según se requiera, se entra verticalmente en las curvas de intensidad-duración-periodo de retorno, obtenidas como se indica en la Fracción D.1. del Manual M-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información*, hasta la curva correspondiente al periodo de retorno establecido y se determina horizontalmente la intensidad de lluvia en milímetros por hora.

- E.1.3.** El gasto máximo correspondiente a un periodo de retorno, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_{Tr} = 0,278 CIA$$

Donde:

- Q_{Tr} = Gasto máximo para el periodo de retorno Tr establecido, (m^3/s)
- C = Coeficiente de escurrimiento de la cuenca en estudio, adimensional, determinado como se indica en la Fracción C.3. del Manual M-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información*

- I = Intensidad de lluvia para una duración de tormenta igual al tiempo de concentración t_c , para el periodo de retorno Tr establecido, (mm/h)
- A = Área de la cuenca, determinada como se indica en la Fracción C.1. del Manual M-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información*, (km²)

E.1.4. De la misma forma se calculan los gastos máximos de diseño para cada uno de los periodos de retorno establecidos de acuerdo con lo indicado en la Cláusula D. de la Norma N-PRY-CAR-1-06-004, *Análisis Hidrológicos*. Estos gastos se asientan en un papel semilogarítmico, elaborando una gráfica de *gastos máximos-periodos de retorno según el Método Racional*, similar a la mostrada en la Figura 1 de este Manual, en la que las ordenadas en escala natural corresponden a los gastos y las abscisas en escala logarítmica, a los periodos de retorno.

E.2. MÉTODO DE HORTON

Para calcular con este método el gasto máximo correspondiente a un periodo de retorno, se procede como sigue:

E.2.1. En la Tabla 1 de este Manual se determina el *coeficiente de retardo* (n'), de acuerdo con las características de la superficie de la cuenca. Si existen varias zonas con características superficiales diferentes, para cada una de ellas se determina su coeficiente de retardo (n'_i), así como su área (A_i) y se obtiene el coeficiente de retardo de toda la cuenca aplicando la siguiente fórmula:

$$n' = \frac{\sum_{i=1}^k n'_i A_i}{A}$$

Donde:

n' = Coeficiente de retardo de la cuenca en estudio, adimensional

n'_i = Coeficiente de retardo de la zona i , adimensional

A_i = Área de la zona i , (km²)

A = Área total de la cuenca, determinada como se indica en la Fracción C.1. del Manual M-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información*, (km²)

k = Número de zonas identificadas

TABLA 1.- Valores del coeficiente de retardo n'

Superficie	n'
Pavimentos	0,01
Suelo desnudo compacto libre de piedra	0,10
Cubierta de pasto escaso o superficie descubierta moderadamente rugosa	0,30
Cubierta normal de pasto	0,40
Cubierta densa de pasto	0,80

E.2.2. Con el coeficiente de retardo de la cuenca (n') y con base en la longitud (L) convertida a metros (*Longitud efectiva*) y la pendiente media del cauce principal (S_c), determinadas como se indica en la Fracción C.2. del Manual M-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información*, se determina la *longitud equivalente* del cauce (L'') como se muestra en la Figura 2 de este Manual.

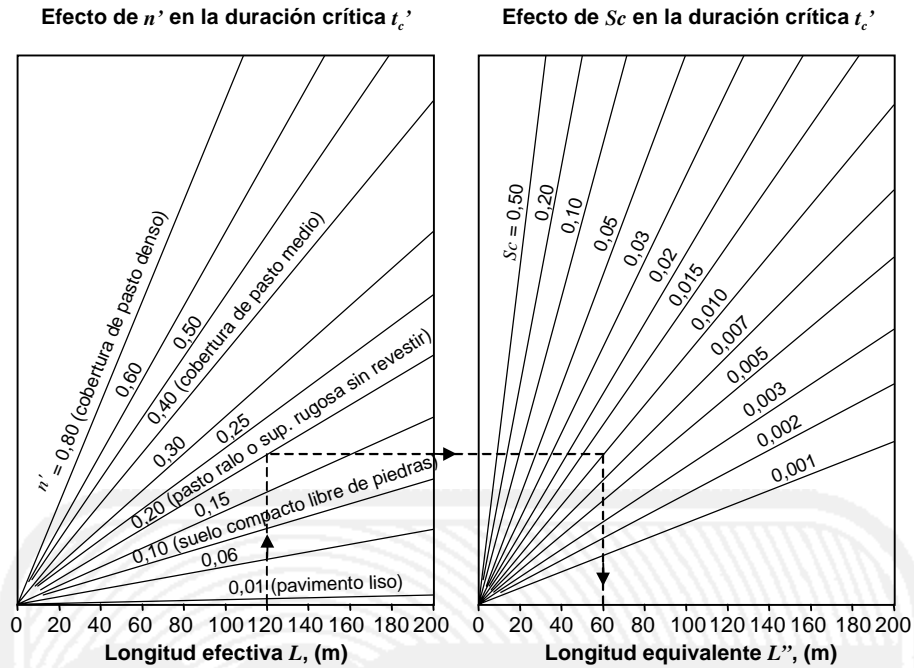


FIGURA 2.- Gráfica para obtener la longitud equivalente L''

E.2.3. Con la longitud equivalente del cauce (L'') se obtiene la duración de la tormenta que corresponde a la intensidad de lluvia que produce el gasto máximo, denominada duración crítica (t_c'), en minutos, como se muestra en la Figura 3 de este Manual.

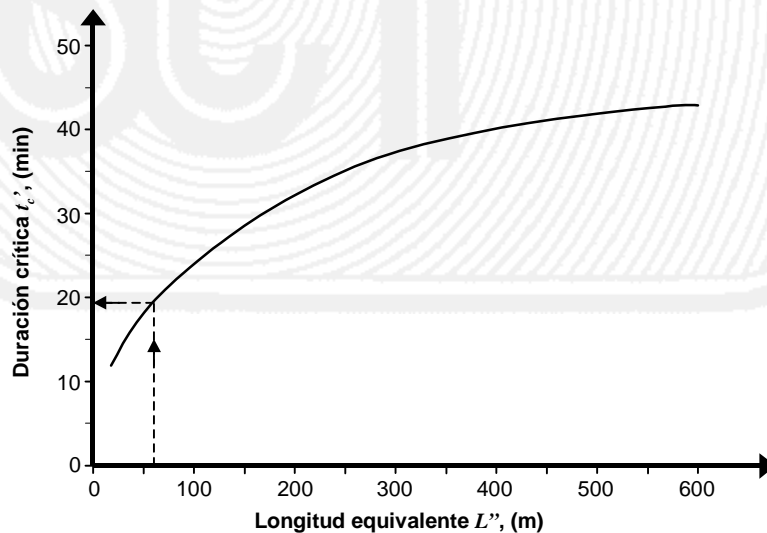


FIGURA 3.- Gráfica para obtener la duración crítica t_c'

E.2.4. Con la duración crítica en minutos o transformada a horas, según se requiera, se entra verticalmente en las curvas de intensidad-duración-periodo de retorno, obtenidas como se indica en la Fracción D.1. del Manual M-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información*, hasta la curva correspondiente al periodo de retorno establecido y se determina horizontalmente la intensidad de lluvia en milímetros por hora, que se transforma a centímetros por hora.

E.2.5. En la Tabla 2 de este Manual se determina el *coeficiente de infiltración* (ϕ), en centímetros por hora, de acuerdo con los suelos y las características de la superficie de la cuenca. Si existen varias zonas con suelos y características superficiales diferentes, para cada una de

ellas se determina su coeficiente de infiltración (ϕ_i), así como su área (A_i) y se obtiene el coeficiente de infiltración de toda la cuenca aplicando la siguiente fórmula:

$$\phi = \frac{\sum_{i=1}^k \phi_i A_i}{A}$$

Donde:

ϕ = Coeficiente de infiltración de la cuenca en estudio, (cm/h)

ϕ_i = Coeficiente de infiltración de la zona i , (cm/h)

A_i = Área de la zona i , (km²)

A = Área total de la cuenca, determinada como se indica en la Fracción C.1. del Manual M-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información*, (km²)

k = Número de zonas identificadas

TABLA 2.- Valores del coeficiente de infiltración ϕ

Descripción del suelo	Clasificación del suelo, de acuerdo al SUCS	Coeficiente de infiltración ϕ cm/h
Mezcla de arena y grava	GW, GP, SW, SP	2,0 – 2,5
Grava limosa y arena limosa a limo inorgánico, y margas descubiertas	GM, SM, ML, MH, OL	0,8 – 1,5
Arena limoarcillosa a arcilla arenosa	SC, CL	0,5 – 0,8
Arcilla, inorgánica y orgánica	CH, OH	0,25 – 0,5
Roca desnuda, no demasiado fracturada	---	0 – 0,25

Los valores del coeficiente de infiltración indicados en la Tabla 2 de este Manual, son para suelos sueltos; para compactos decrecen entre 25 y 75%, dependiendo del grado de compactación y del tipo de suelo.

El efecto de la vegetación generalmente reduce la capacidad de infiltración de los suelos gruesos y aumenta la de los arcillosos, debido a que modifican su permeabilidad. Para superficies cubiertas de pasto comúnmente se supone una capacidad de infiltración de 1,2 cm/h, aunque en ocasiones se pueden usar valores hasta del doble de éste.

Para superficies pavimentadas se considera un coeficiente de infiltración nulo.

Aunque se sabe que la infiltración es variable, ya que depende, entre otros factores, de la estructura y la humedad del suelo, la cobertura vegetal, la humedad y la temperatura ambiente, se supone, para fines de cálculo, que es constante durante la tormenta considerada.

E.2.6. Se calcula la intensidad de lluvia en exceso (I_e), asociada con la duración crítica (t_c'), con la siguiente fórmula:

$$I_e = I - \phi$$

Donde:

I_e = Intensidad de lluvia en exceso para el periodo de retorno Tr establecido, (cm/h)

I = Intensidad de lluvia para una duración de tormenta igual a la duración crítica t_c' , para el periodo de retorno Tr establecido, (cm/h)

ϕ = Coeficiente de infiltración de la cuenca en estudio, (cm/h)

Como se supone que la intensidad de lluvia (I) es constante y uniforme durante la tormenta dentro de la cuenca, se acepta que la intensidad de lluvia en exceso (I_e) también lo es.

- E.2.7.** Se calcula el gasto unitario de la cuenca (q), por hectárea, para el periodo de retorno establecido, mediante la siguiente ecuación definida por Horton o con la ayuda de la Figura 4 de este Manual:

$$q = 0,0275 I_e \tanh^2 \left[0,3194 t_c' \left(\frac{I_e}{n'L} \right)^{0,50} S_c^{0,25} \right]$$

Donde:

q = Gasto unitario de la cuenca para el periodo de retorno Tr establecido, [(m³/s) / ha]

I_e = Intensidad de lluvia en exceso para el periodo de retorno Tr establecido, (cm/h)

t_c' = Duración crítica, (min)

n' = Coeficiente de retardo de la cuenca en estudio, adimensional

L = Longitud del cauce principal, (m)

S_c = Pendiente media del cauce principal, adimensional

- E.2.8.** Con el gasto unitario obtenido como se describe en el Inciso anterior y el área de la cuenca determinada como se indica en la Fracción C.1. del Manual M-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información* y convertida a hectáreas, se calcula el gasto máximo para el periodo de retorno considerado con la siguiente fórmula:

$$Q_{Tr} = qA$$

Donde:

Q_{Tr} = Gasto máximo para el periodo de retorno Tr establecido, (m³/s)

q = Gasto unitario para el periodo de retorno Tr establecido, [(m³/s) / ha]

A = Área de la cuenca, (ha)

- E.2.9.** De la misma forma se calculan los gastos máximos de diseño para cada uno de los periodos de retorno establecidos de acuerdo con lo indicado en la Cláusula D. de la Norma N-PRY-CAR-1-06-004, *Análisis Hidrológicos*. Esos gastos se asientan en un papel semilogarítmico, elaborando una gráfica de *gastos máximos–periodos de retorno según el Método de Horton*, similar a la mostrada en la Figura 1 del Manual M-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información*, en la que las ordenadas en escala natural corresponden a los gastos y las abscisas en escala logarítmica, a los periodos de retorno.

E.3. MÉTODO DE CHOW

Para calcular con este método el gasto máximo correspondiente a un periodo de retorno, se procede como sigue:

- E.3.1.** Dependiendo de las características del suelo de la cuenca en estudio, observadas según se indica en la Cláusula C. de la Norma N-PRY-CAR-1-06-002, *Trabajos de Campo*, éste se clasifica dentro de alguno de los siguientes tipos:

- Tipo A Suelos con potencial de escurrimiento mínimo. Incluye gravas y arenas de tamaño medio, limpias y mezclas de ambas.
- Tipo B Suelo con infiltración media inferior a la del tipo A. Incluye arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena y limo.
- Tipo C Suelos con infiltración media inferior a la del tipo B. Comprende arenas muy finas, arcillas de baja plasticidad, mezclas de arena, limo y arcilla.
- Tipo D Suelos con potencial de escurrimiento máximo. Incluye principalmente arcillas de alta plasticidad, suelos poco profundos con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie.

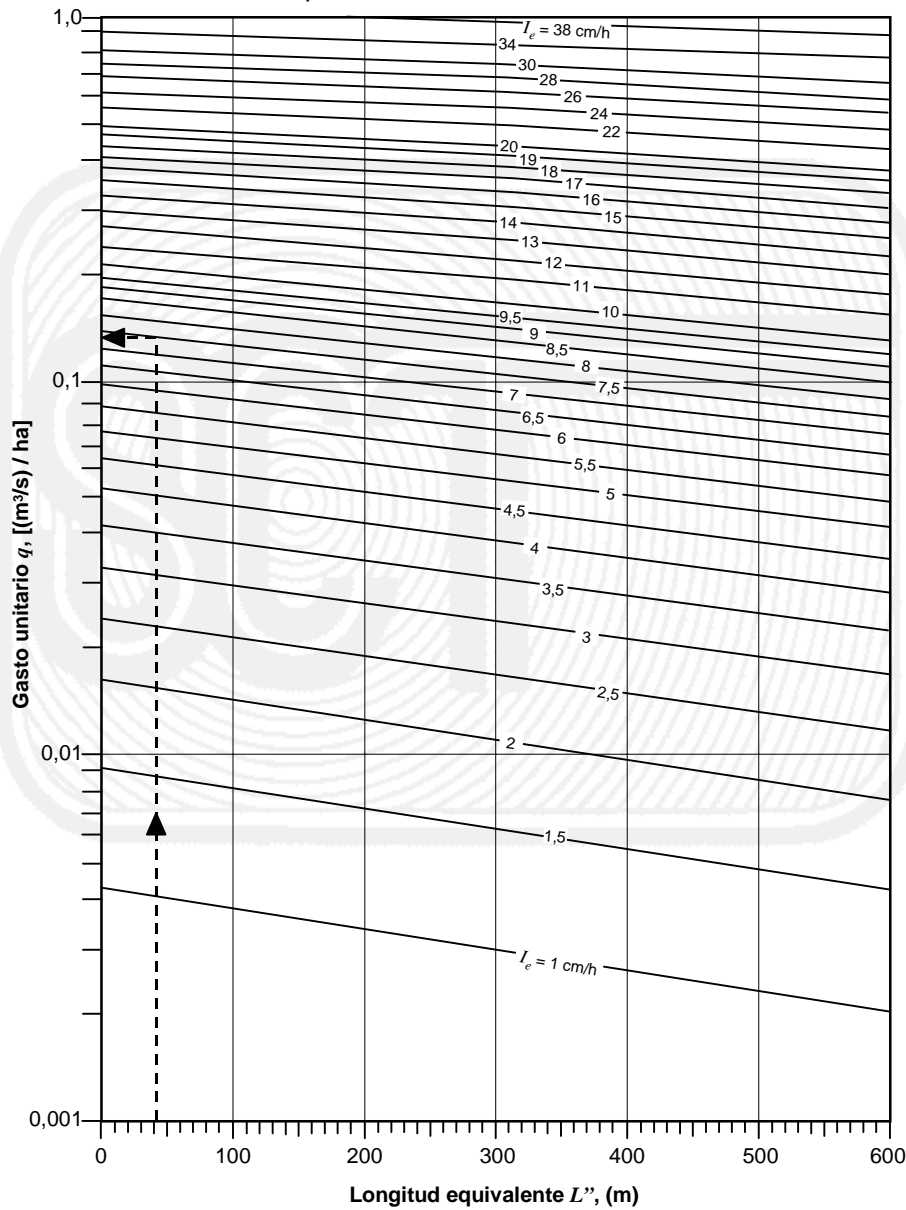


FIGURA 4.- Gasto unitario q , en función de la longitud equivalente L''

E.3.2. Según el tipo de suelo, clasificado como se indica en el Inciso anterior, y de acuerdo con las características de la superficie de la cuenca, en la Tabla 3 de este Manual se determina el número de escurrimiento (η).

TABLA 3.- Selección del número de escurrimiento η

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
	Muy espeso o alta transpiración	15	44	54	61
Descanso (sin cultivo)	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

Si existen varias zonas con suelos de tipos diferentes, para cada una de ellas se determina su número de escurrimiento (η_i), así como su área (A_i) y se obtiene el número de escurrimiento de toda la cuenca aplicando la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^k \eta_i A_i}{A}$$

Donde:

η = Número de escurrimiento de la cuenca en estudio, adimensional

η_i = Número de escurrimiento de la zona i , adimensional

A_i = Área de la zona i , (km^2)

A = Área total de la cuenca, determinada como se indica en la Fracción C.1. del Manual M-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información*, (km^2)

k = Número de zonas identificadas

Los resultados que se obtienen mediante el Método de Chow, son muy sensibles a la variación del número de escurrimiento, por lo que su determinación ha de hacerse cuidadosamente.

E.3.3. Con una duración de la tormenta (t), seleccionada arbitrariamente, en minutos o en horas, según se requiera, se entra verticalmente en las curvas de intensidad-duración-periodo de retorno, obtenidas como se indica en la Fracción D.1. del Manual M-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información*, hasta la curva correspondiente al periodo de retorno establecido y se determina horizontalmente la intensidad de lluvia en milímetros por hora.

- E.3.4.** Se calcula la altura de precipitación (P) correspondiente a la intensidad de lluvia determinada como se indica en el Inciso anterior, multiplicando ésta por la duración de la tormenta seleccionada y se transforma a centímetros.
- E.3.5.** Con el número de escurrimiento (η) y la altura de precipitación (P), se determina la *precipitación en exceso* (P_e) con la siguiente fórmula o con la ayuda de la Figura 5 de este Manual:

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

Donde:

P_e = Precipitación en exceso para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido, (cm)

P = Altura de precipitación para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido, (cm)

η = Número de escurrimiento de la cuenca en estudio, adimensional

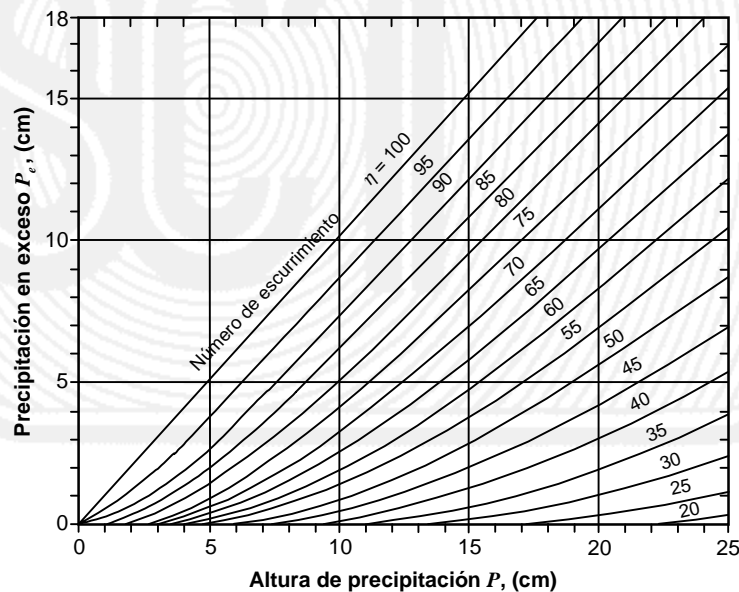


FIGURA 5.- Relación entre la altura de precipitación P y la precipitación en exceso P_e para diferentes números de escurrimiento η

- E.3.6.** Con base en la precipitación en exceso (P_e) y la duración de la tormenta (t) seleccionada, se determina el *factor de escurrimiento* (X), en centímetros por hora, con la siguiente ecuación:

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

Donde:

X = Factor de escurrimiento, (cm/h)

P_e = Precipitación en exceso para la duración de tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido, (cm)

t = Duración de la tormenta seleccionada, (h)

E.3.7. Con la longitud del cauce principal (L) convertida a metros y su pendiente media (Sc) expresada en por ciento, determinadas según se indica en la Fracción C.2. del Manual M·PRY·CAR·1·06·003, *Procesamiento de Información*, se calcula el *tiempo de retraso* (t_r), mediante la siguiente fórmula o la con ayuda de la Figura 6 de este Manual:

$$t_r = 0,00505 \left(\frac{L}{\sqrt{Sc}} \right)^{0,64}$$

Donde:

t_r = Tiempo de retraso, (h)

L = Longitud del cauce principal, (m)

Sc = Pendiente media del cauce principal, (%)

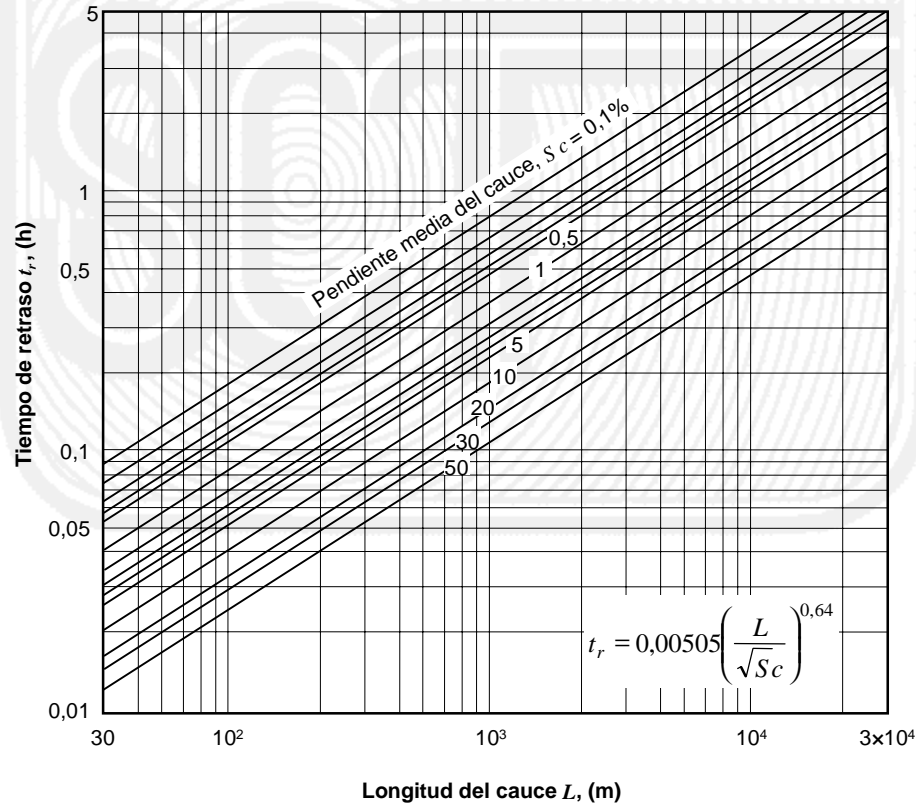


FIGURA 6.- Determinación del tiempo de retraso t_r

E.3.8. Se calcula la relación entre la duración de la tormenta seleccionada y el tiempo de retraso (t/t_r), y con ayuda de la Figura 7 de este Manual, se determina el *factor de reducción del pico* (Z), adimensional.

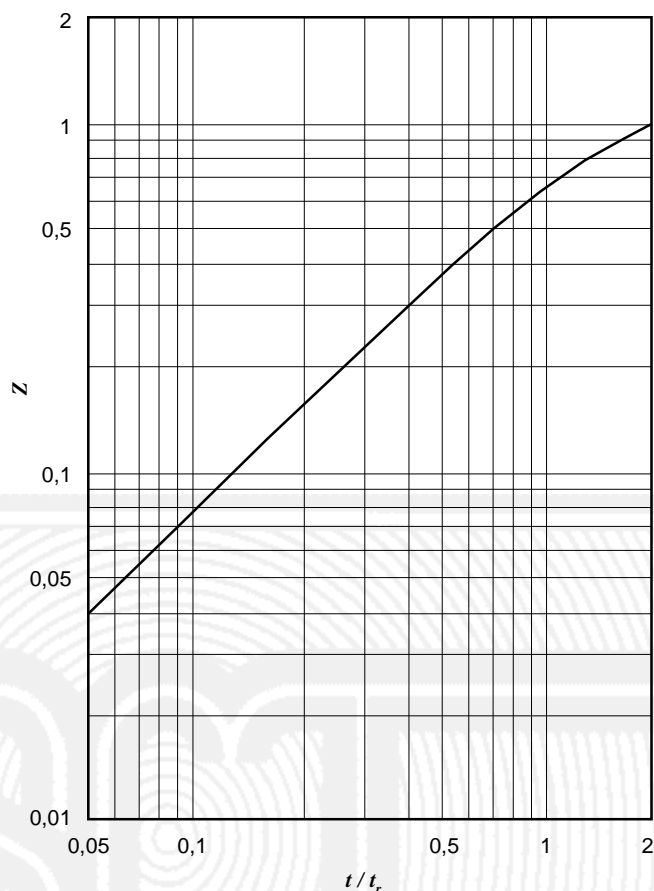


FIGURA 7.- Obtención del factor de reducción del pico Z , con base en la relación t/t_r .

- E.3.9.** El gasto que producirá la precipitación con la duración de la tormenta seleccionada, para el periodo de retorno establecido, se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q = 2,78AXZ$$

Donde:

Q = Gasto para la duración de la tormenta seleccionada y el periodo de retorno establecido, (m^3/s)

A = Área de la cuenca, (km^2)

X = Factor de escurrimiento, (cm/h)

Z = Factor de reducción del pico, adimensional

- E.3.10.** Se repite el procedimiento indicado en los Incisos E.3.3. a E.3.9. de este Manual, para otras duraciones de tormenta con el periodo de retorno (T_r) establecido y se selecciona como gasto máximo (Q_{T_r}) para ese periodo de retorno, el gasto que resulte mayor.

- E.3.11.** De la misma forma se determinan los gastos máximos para cada uno de los periodos de retorno establecidos de acuerdo con lo indicado en la Cláusula D. de la Norma N-PRY-CAR-1-06-004, *Análisis Hidrológicos*. Esos gastos se asientan en un papel semilogarítmico, elaborando una gráfica de *gastos máximos–periodos de retorno según el Método de Chow*, similar a la mostrada en la Figura 1 de este Manual, en la que las ordenadas en escala natural corresponden a los gastos y las abscisas en escala logarítmica, a los periodos de retorno.

E.3.12. Para cuencas con áreas mayores de 250 km², cuyas corrientes no estén aforadas, es necesario comparar el gasto máximo (Q_{Tr}) que se obtenga con este método para un determinado periodo de retorno, con el que se calcule para la cuenca en estudio (Q_{Tr}') a partir del que se determine mediante un método estadístico para otra cuenca cercana aforada dentro de la misma región hidrológica, para el mismo periodo de retorno, con la siguiente fórmula:

$$Q_{Tr}' = Q_{Tr_b} \times \frac{A\eta}{A_b\eta_b} \left(\frac{Sc}{Sc_b} \right)^{3/4}$$

Donde:

Q_{Tr}' = Gasto máximo de la cuenca en estudio, inferido a partir de otra cuenca cercana aforada dentro de la misma región hidrológica, para el periodo de retorno Tr establecido, (m³/s)

Q_{Tr_b} = Gasto máximo de la cuenca aforada, para el periodo de retorno Tr establecido, (m³/s)

A = Área de la cuenca en estudio, (km²)

A_b = Área de la cuenca aforada, (km²)

η = Número de escurrimiento de la cuenca en estudio, adimensional

η_b = Número de escurrimiento de la cuenca aforada, adimensional

Sc = Pendiente media del cauce principal de la cuenca en estudio, (%)

Sc_b = Pendiente media del cauce principal de la cuenca aforada, (%)

F. MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Los métodos estadísticos que se aplican a la información disponible, que caracterice los gastos máximos anuales medidos en las estaciones hidrométricas instaladas en la corriente en estudio o en corrientes vecinas de características fisiográficas semejantes, son los que se utilizan para procesar dicha información como se indica en la Fracción D.2. del Manual M-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información*, por lo que los gastos máximos correspondientes a los periodos de retorno que se establezcan conforme a lo señalado en la Cláusula D. de la Norma N-PRY-CAR-1-06-004, *Análisis Hidrológicos*, ajustados como se ejemplifica en el Inciso D.2.4. del mismo Manual, son los que han de utilizarse en el diseño hidráulico del puente.