

# **CAMINOS Y CALLES 1**

## **TEMA 6: DRENAJES**

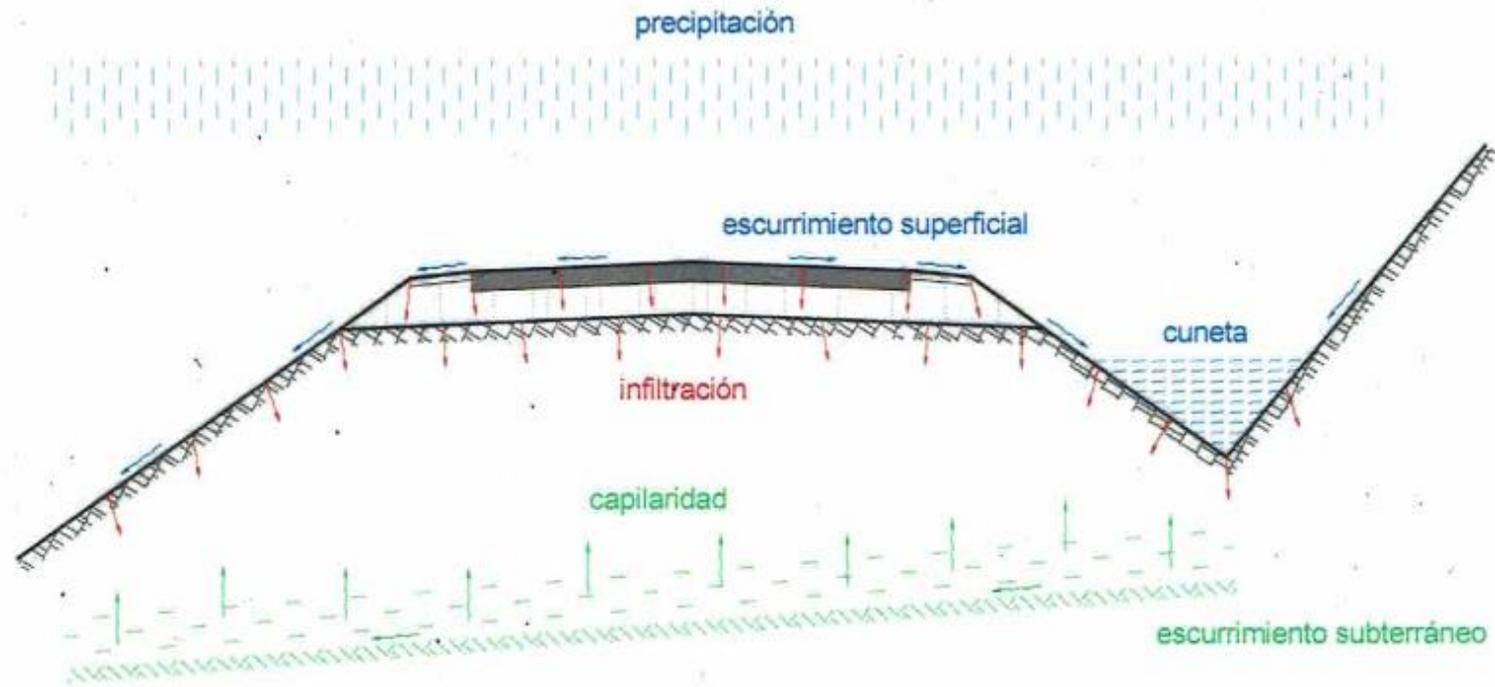


# DRENAJES

## Introducción

- Concepto de las aguas superficiales y subterráneas – Incidencia en las obras
- Sección transversal como sistema hidráulico de drenaje – pendientes, calzada y su material, banquetas, cunetas, cuneta de coronamiento
- Alcantarillas y Puentes
- Tipos de Alcantarillas – Cabezales
- Métodos de diseño

# DRENAJES



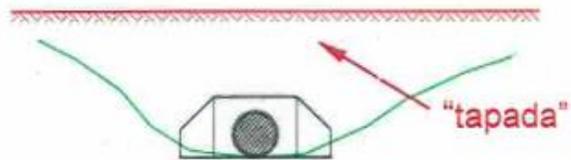
**Drenaje** { Superficial → cunetas, alcantarillas, puentes  
Subterráneo → drenes

# DRENAJES

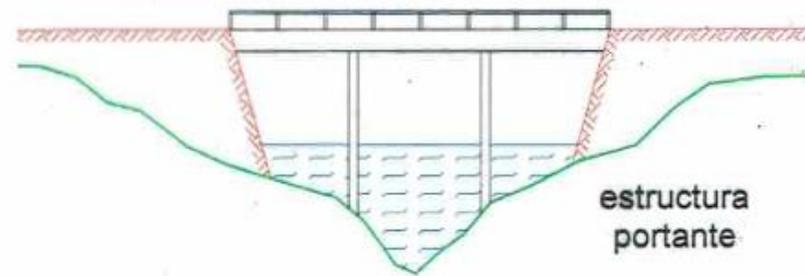


# DRENAJES

Alcantarilla

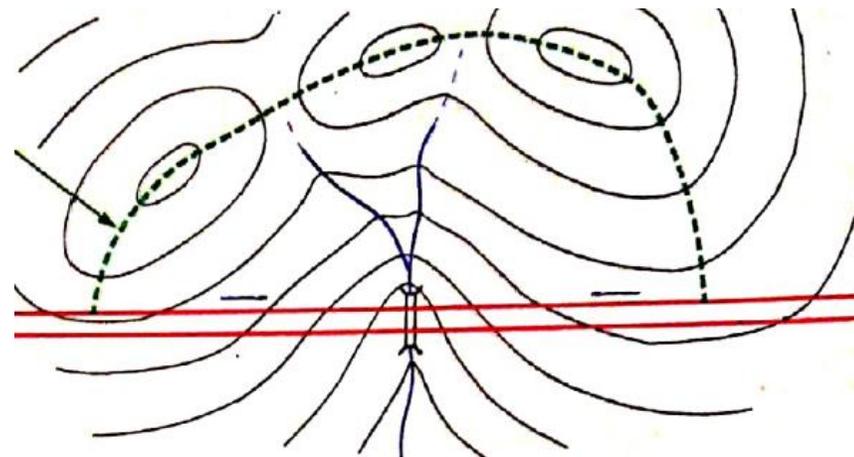


Puente



## Cuenca de aporte

Es un área de captación natural del agua de precipitación de la lluvia que hace converger los escurrimientos hacia un único punto de salida.



# DRENAJES

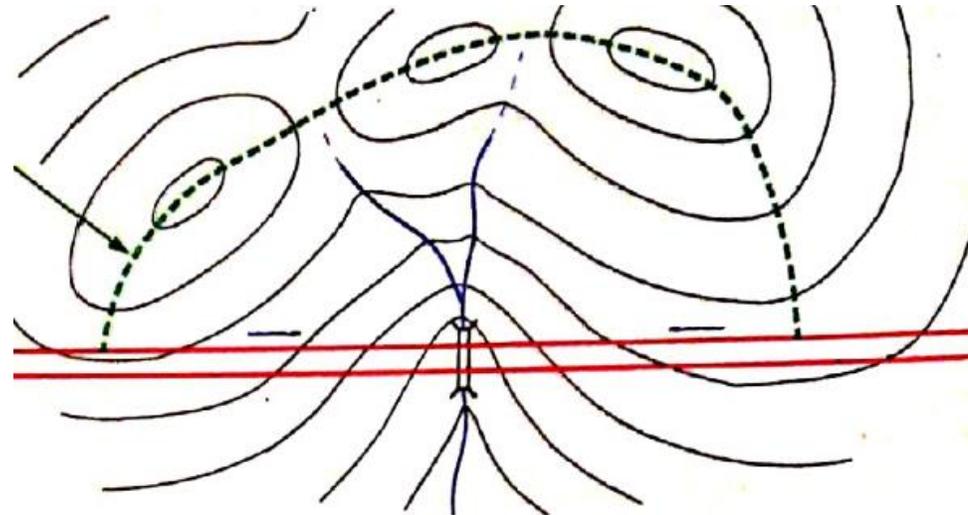
## Caracterización de la cuenca de aporte (Levantamiento de Datos)

### 1) Parteaguas y área

Cartas topográficas

Fotografías aéreas

Relevamientos de campo



### 2) Características de la cuenca

- Forma: corta y concentrada vs larga y expandida (menor tiempo → mayor caudal)
- Pendiente Media: llano, ondulado, quebrado, montañoso
- Tipo de Suelo: arcilla, arena, grava y roca
- Uso de la tierra: pradera, cultivo, monte, área urbana

# DRENAJES

## 3) Cauce Principal

Se entiende por cauce principal al curso de agua de mayor longitud, que va desde el punto donde se ubicará la alcantarilla hasta las nacientes de la cuenca cercanas al parteaguas. La longitud del cauce principal debe prolongarse hasta el mismo parteaguas y luego, a partir de las curvas de nivel, se determinará la diferencia de cotas de altitud entre el punto situado sobre el parteaguas y el punto de cierre de la cuenca donde se ubicará la alcantarilla.

- Pendiente media del cauce principal

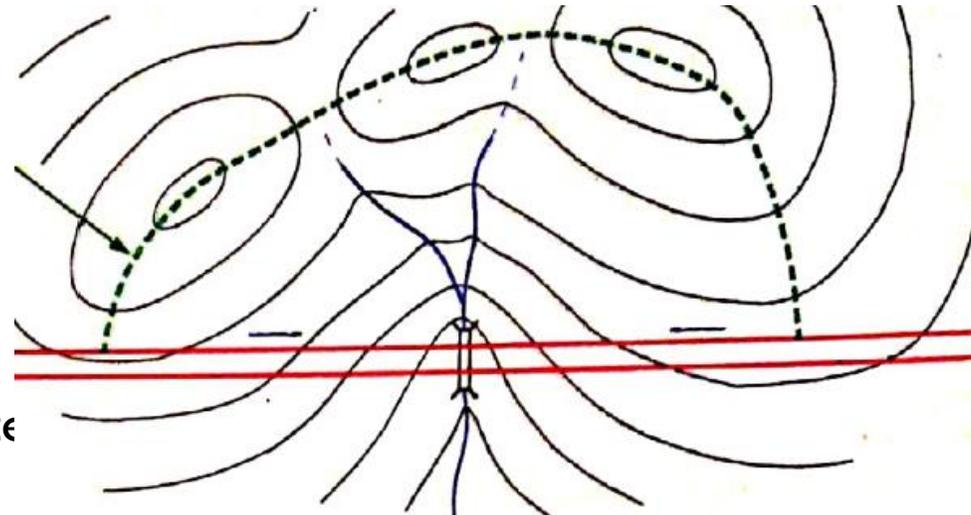
- Sección transversal del canal natural

## 4) Cotas de crecida

Crecidas ordinarias y MCC

## 5) Estructuras de drenaje existente

Tipo, dimensiones, estado,  
Comportamiento hidráulico.



# DRENAJES

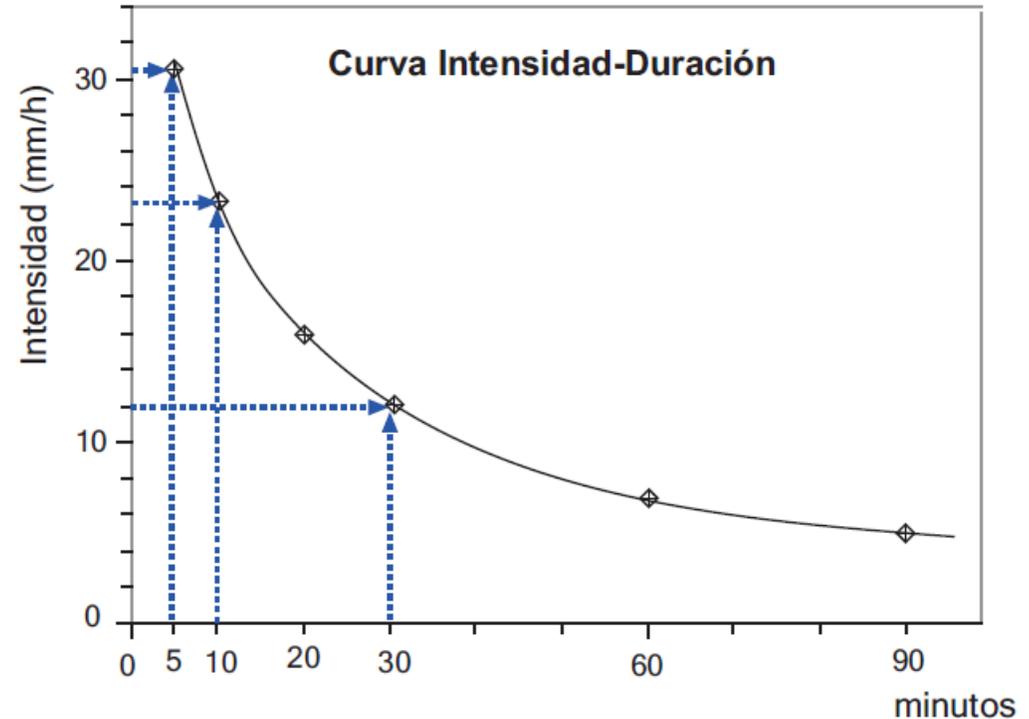
## Curvas intensidad-duración-frecuencia

Se observa primero la **curva Intensidad-Duración** de una precipitación.

Para realizarla, se buscan en los datos pluviográficos los 5 minutos de máxima precipitación, los 10 minutos, etc... y se calcula la intensidad (en mm/hora) para cada uno de esos intervalos.

Por ejemplo, si en los 10 minutos más lluviosos se recogieron 3,8 mm, la intensidad en mm/hora sería igual a:

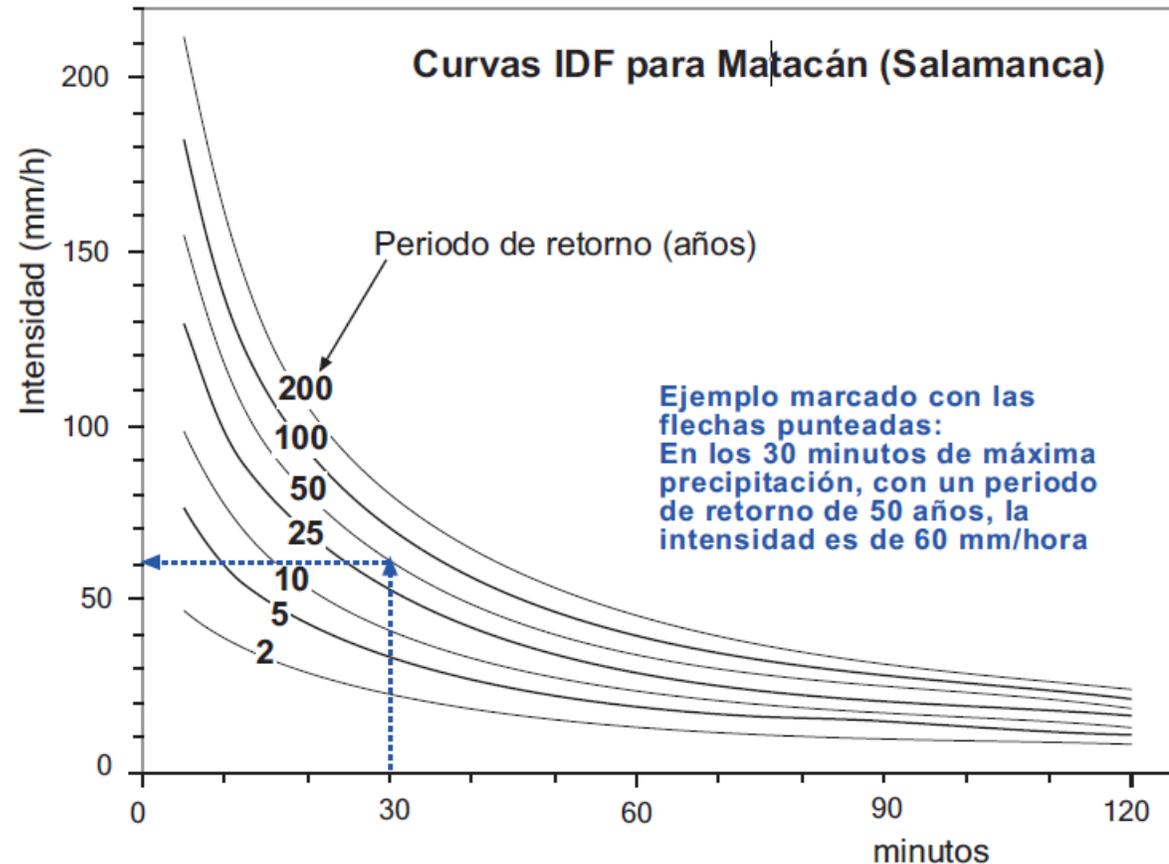
$$\text{Intensidad} = 3,8 \text{ mm} \cdot \frac{60}{10} = 22,8 \text{ mm / hora}$$



# DRENAJES

## Curvas intensidad-duración-frecuencia

Es más habitual la elaboración de este tipo de curvas después de ciertos cálculos estadísticos, dando lugar a una familia denominada **curvas Intensidad-Duración-Frecuencia ("Curvas IDF")**. En este tipo de gráficos aparecen varias curvas intensidad-duración correspondientes a diversos periodos de retorno, por ejemplo: 10, 25, ... años.



# DRENAJES

El *período de retorno* ( $T_r$ ) de un evento con una magnitud dada se define como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden dicha magnitud. (Chow V. T., 1964).

El período de retorno puede seleccionarse, con base en experiencias pasadas, empleando tablas de criterios de diseño o bien analizando el riesgo de falla de la obra durante su vida útil.

Alcantarilla de carreteras con volúmenes de tráfico	Período de Retorno (años)
Bajos – caminos vecinales	5-10
Intermedios – rutas secundarias	10-25
Altos – rutas primarias	25-50

# DRENAJES

*Tiempo de Concentración (Tc)*: tiempo necesario para que el agua caída en el punto hidrológicamente más alejado de la cuenca llegue al lugar de descarga.

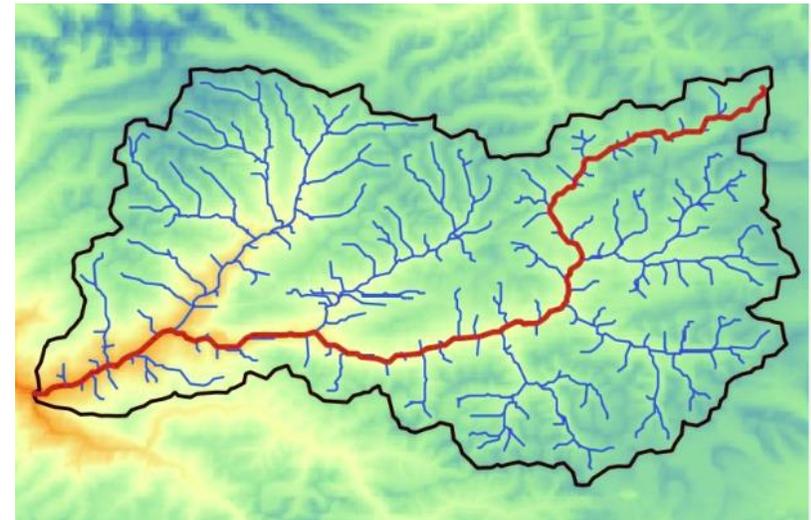
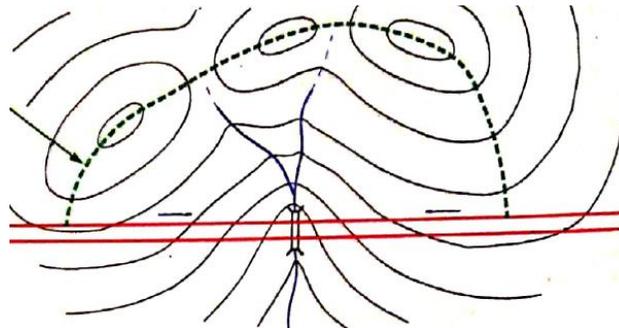
## Método de Kirpich

Datos de entrada: Longitud y diferencia de cotas de altitud del cauce principal  
Calcule el tiempo de concentración aplicando la ecuación:

donde:

- tc - tiempo de concentración (horas)
- L - longitud del cauce principal (km)
- $\Delta H$  - representa la diferencia de cotas de altitud del cauce principal (m)
- S - pendiente (%) =  $\Delta H$  (m) / L (Km) / 10

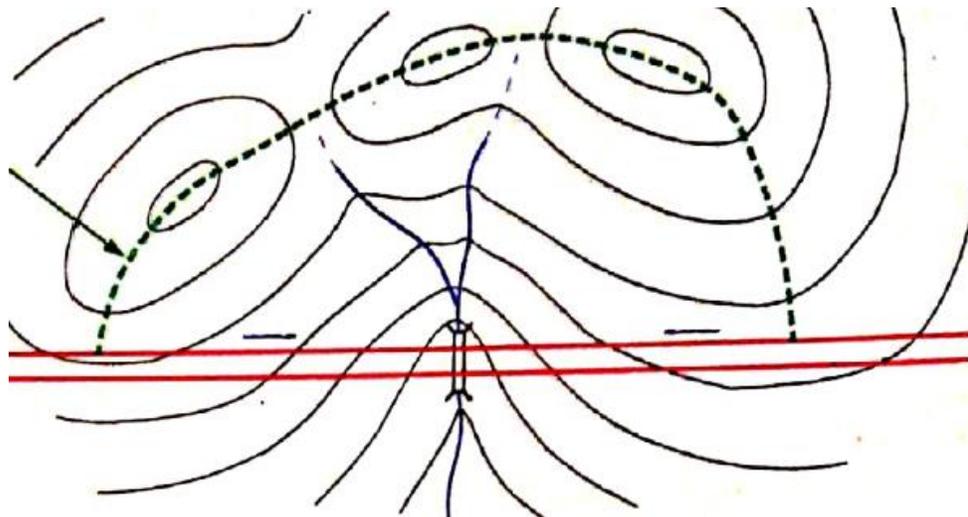
$$t_c = 0.4 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$$



# DRENAJES

El *coeficiente de escorrentía* (C) representa la relación entre el caudal pico de escorrentía directa y la intensidad promedio de precipitación en una tormenta. La estimación del coeficiente de escorrentía debe tener en cuenta todos los factores que afectan el caudal máximo respecto a la intensidad promedio y tiempo de respuesta de la cuenca.

Datos de entrada: Período de retorno y cobertura vegetal y pendiente de la cuenca.



# DRENAJE

Características de la superficie	Periodo de Retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
Áreas de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

## Suelos de la cuenca

La pendiente media de la cuenca (pmc) se determinará a partir de las longitudes de las curvas de nivel ( $L_i$ ) dentro de la cuenca con un mismo desnivel ( $dh$ ) y el área de la cuenca ( $A$ ) mediante la siguiente relación:

$$pmc = \frac{\sum L_i dh}{A}$$

# DRENAJE

## MÉTODOS PARA EL DIMENSIONADO DE ALCANTARILLAS

### 1) Fórmulas empíricas

$$A = C \cdot S^\alpha$$

- A**: Area de la sección de desagüe  
**C**: coeficiente de escurrimiento; depende del tipo de suelo, topografía, forma de la cuenca  
**S**: Superficie de la cuenca de aporte  
 **$\alpha$** : exponente empírico, según fórmula y región aplicable

### 2) Fórmula de Talbot

Medio oeste EEUU;  $i_{\text{máx}} = 100 \text{ mm/h}$   $v_{\text{escurrim}} < 3 \text{ m/seg}$

$$A = 0,183 C \cdot S^{3/4} \quad [S]: \text{Há} \quad [A]: \text{m}^2$$

Coefficiente de escurrimiento	C = 1,00	terreno montañoso con pendientes abruptas
	C = 0,60	terreno quebrado con pendientes moderadas
	C = 0,50	terreno ondulado
	C = 0,30	terreno agrícola suavemente ondulado
	C = 0,20	terreno llano

# DRENAJE

## METODO RACIONAL

- A) Determinación del caudal máximo  $Q$  en precipitación extraordinaria.
- B) Deducción de la sección de desagüe, en función de la capacidad hidráulica y la velocidad de escurrimiento.

### Conceptos básicos y definiciones

Suponiendo que se inicia una lluvia con intensidad  $i$  constante y que ésta continúa en forma indefinida, el *método racional* considera que la escorrentía comienza a generarse en forma instantánea, incrementándose hasta llegar a un valor máximo en un tiempo crítico, igual al tiempo de concentración ( $t_c$ ), instante a partir del cual toda la cuenca contribuye simultáneamente al caudal en la salida.

El método teóricamente asume que no hay almacenamiento temporario de agua en la cuenca y que la intensidad de precipitación es constante durante toda la tormenta y uniforme en toda la cuenca.

# DRENAJE

Formula fundamental del método:

$$Q_{max} = \frac{C.i.A}{360}$$

donde:

- $Q_{max}$  - caudal máximo (m<sup>3</sup>/s)  
C - coeficiente de escorrentía  
i - intensidad uniforme en toda la cuenca para una duración igual al tiempo de concentración (mm/h)      l=  
P/tc  
A - área de la cuenca (Ha)

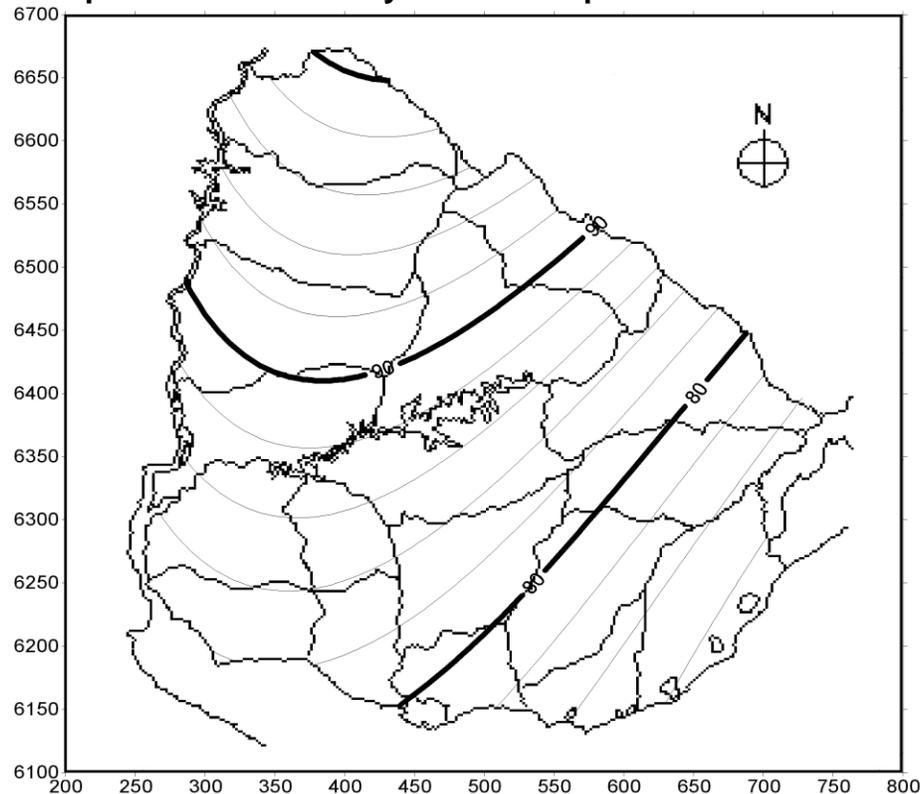
# DRENAJE

## Precipitación máxima

$$P(d, T_r, p) = P(3, 10, p) \cdot CT(T_r) \cdot CD(d)$$

### MAPA DE ISOYETAS

#### Precipitación de 3 horas y 10 años de período de retorno



CT - coeficiente de corrección según el período de retorno

$$CT(T_r) = 0.5786 - 0.4312 \cdot \log \left[ \text{Ln} \left( \frac{T_r}{T_r - 1} \right) \right]$$

CD - coeficiente de corrección según la duración d de la tormenta [CD<sub>(d)</sub>]

$$\text{Para } d < 3\text{hs} \quad CD_{(d)} = \frac{0.6208 \cdot d}{(d + 0.0137)^{0.5639}}$$

$$\text{Para } d > 3\text{hs} \quad CD_{(d)} = \frac{1.0287 \cdot d}{(d + 1.0293)^{0.8083}}$$

donde:

d - Duración (hs)

# DRENAJE

## EJEMPLO: Alcantarilla sobre la Ruta 5, Km 13.1

### Diseño hidrológico

En lo que sigue se aplica la metodología de cálculo propuesta en “Parte A – Directivas de diseño hidrológico de alcantarillas”:

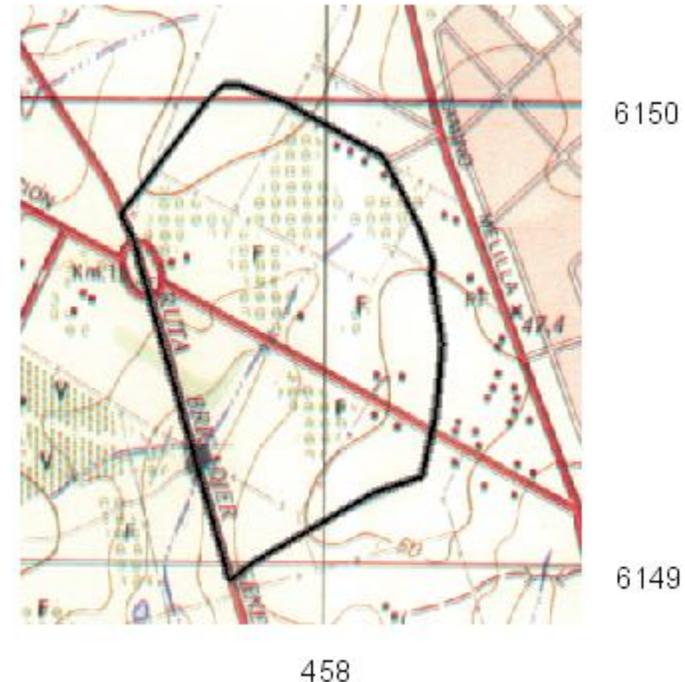
- a) caracterizar la cuenca,
- b) determinar el tiempo de concentración (tc),
- c) estimar el período de retorno y
- d) determinar el caudal de diseño.

#### a. Caracterización de la cuenca.

#### Parteaguas y área (según PARTE A, apartado 2.1)

Utilizando la Hoja K-29-a del Plan Cartográfico Nacional del Servicio Geográfico Militar, escala 1:25.000, se determinó el parteaguas (ver figura 1.1). Las coordenadas del cierre de la cuenca son  $X = 457.7$  e  $Y = 6149.24$ .

El área de la cuenca resultante es igual a 45.1 Has.



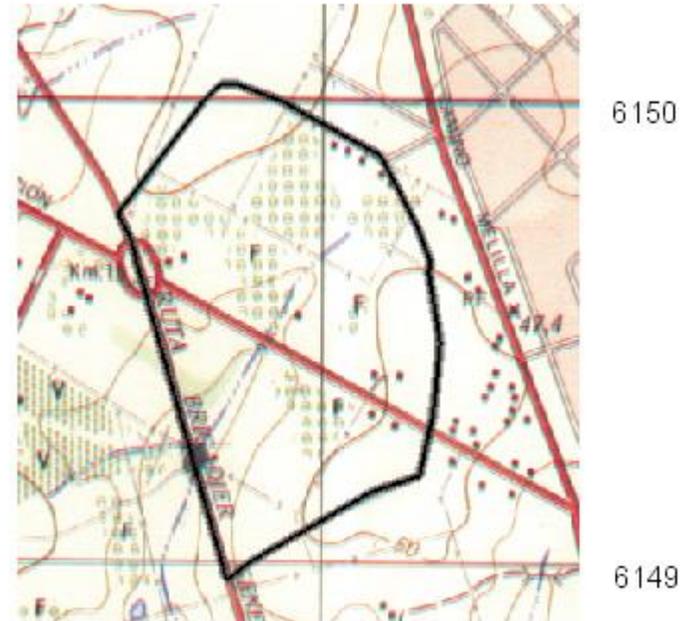
# DRENAJE

## Longitud y diferencias de cotas de altitud del cauce principal

Longitud del cauce principal es igual a 750 m  
Diferencias de cotas de altitud igual a 12.5 m

### b. Tiempo de concentración

$$t_c = 0.4.L^{0.77} .S^{-0.385}$$



458

### c. Período de retorno

En la medida que se trata de la Ruta 5, se considera carretera con volúmenes de tráfico altos (Tr???).

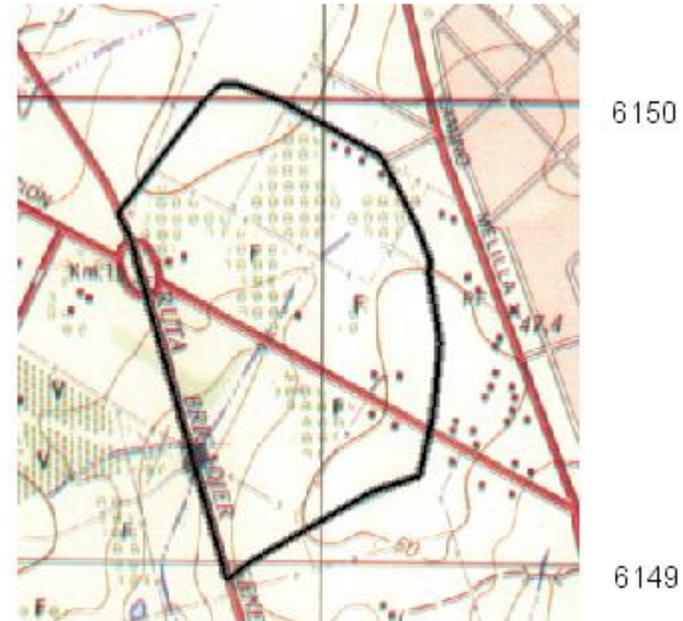
# DRENAJE

## Longitud y diferencias de cotas de altitud del cauce principal

Longitud del cauce principal es igual a 750 m  
Diferencias de cotas de altitud igual a 12.5 m

## b. Tiempo de concentración

Aplicando el método de Kirpich el  $t_c$  calculado es igual a 0.26 h.



458

## c. Período de retorno

En la medida que se trata de la Ruta 5, carretera con volúmenes de tráfico altos, se opta por considerar un período de retorno ( $T_r$ ) igual a 50 años.

# DRENAJE

## d. Estimación del caudal máximo - Método Racional

*Coefficiente de escorrentía*

Datos de entrada: Período de Retorno:  $T_r = 50$  años  
Cobertura vegetal de la cuenca: frutales (durazno y vid)  
Pendiente de la cuenca: 3.73%

Dato de salida: Según Tabla 5.1-parte A, el coeficiente de escorrentía:  $C = \text{????????}$

*Precipitación máxima*

Datos de entrada:  $P(3,10) = 80$  mm

$CT(T_r) = \text{?????}$   
 $CD = \text{???$

# DRENAJE

## d. Estimación del caudal máximo - Método Racional

*Coefficiente de escorrentía*

Datos de entrada: Período de Retorno:  $T_r = 50$  años  
Cobertura vegetal de la cuenca: frutales (durazno y vid)  
Pendiente de la cuenca: 3.73%

Dato de salida: Según Tabla 5.1-parte A, el coeficiente de escorrentía:  $C = 0.48$

*Precipitación máxima*

Datos de entrada:  $P(3,10) = 80$  mm

$CT(T_r) = 1.31$   
 $CD = 0.34$   
 $CA = 1$

# DRENAJE

Datos de salida:

$$P_{\text{máx}}=35 \text{ mm}$$

$$i = 134 \text{ mm/h}$$

*Caudal máximo*

Datos de entrada:

$$C=0.48$$

$$i = 134 \text{ mm/h}$$

$$A=45.1 \text{ Ha}$$

Datos de salida:  $Q_{\text{máx}}(\text{Tr}=50 \text{ años}) = 8.1 \text{ m}^3/\text{s}$

# DRENAJE

## Dimensionado de tuberías

Fórmula de Manning para canales

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot s^{1/2}$$

$v$  : velocidad de escurrimiento [m/seg]

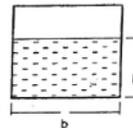
$R_h$  : radio hidráulico = área desagüe / perímetro mojado [m]

$s$  : pendiente del canal (paralela a pendiente hidráulica) [m/m]

$n$  : coeficiente de rugosidad de las paredes del canal

$Q$  : caudal de diseño [m<sup>3</sup>/seg]

Tipo de revestimiento	Coficiente de rugosidad de Manning
Canales naturales	0.020 – 0.030
Tierra	0.025
Tierra con hierba	0.035
Grava	0.030
Hormigón	0.010 – 0.015
Piedra	0.040
Metal corrugado	0.021



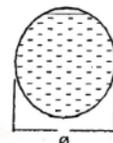
$$R_h = \frac{b \cdot h}{b + 2 \cdot h}$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \frac{(b \cdot h)^{5/3}}{(b + 2 \cdot h)^{2/3}} \cdot s^{1/2}$$

Dados:  $Q$ ,  $n$ ,  $s$ .

Se adopta:  $b$

Por iteración:  $h \rightarrow A \rightarrow R_h \rightarrow Q$



$$R_h = \frac{\pi \cdot \phi^2 / 4}{\pi \cdot \phi} = \frac{\phi}{4}$$

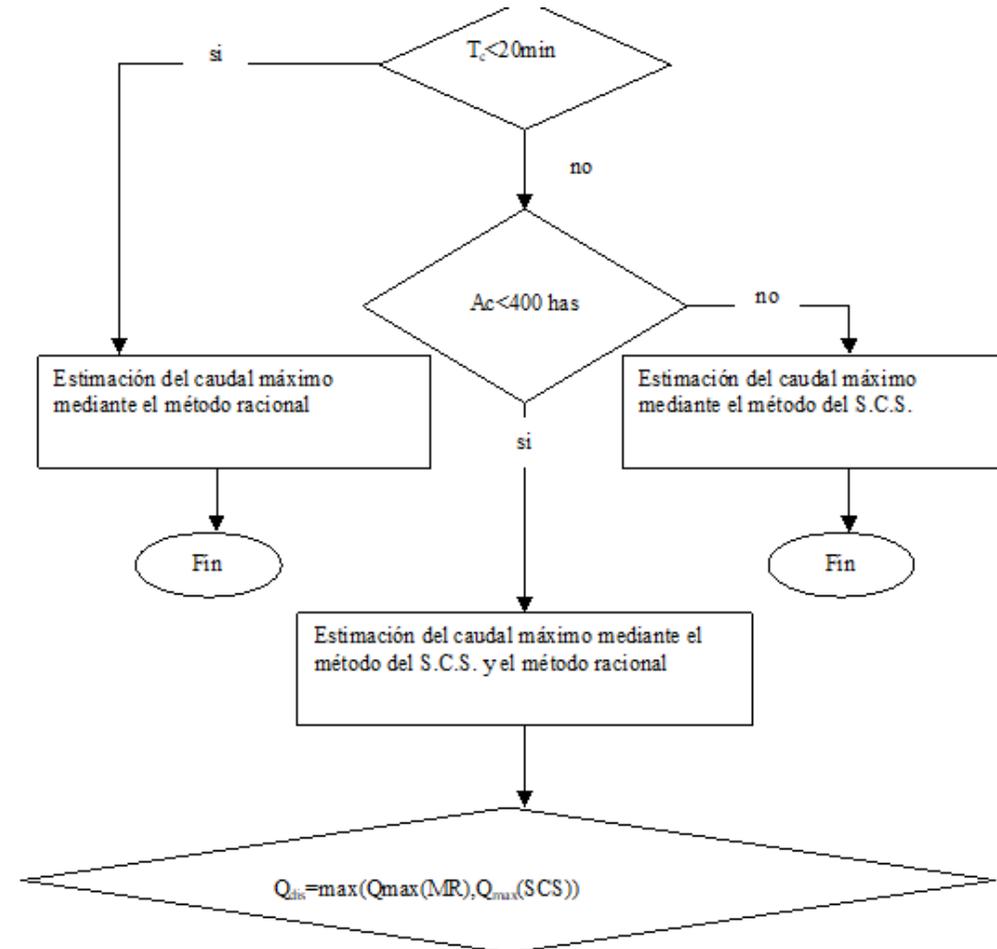
$$Q = \frac{1}{n} \cdot \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \cdot \left(\frac{\phi}{4}\right)^{2/3} \cdot s^{1/2} = \frac{0.3117}{n} \cdot \phi^{8/3} \cdot s^{1/2}$$

$$\phi = \left(\frac{3.208 \cdot n \cdot Q}{\sqrt{s}}\right)^{0.375}$$

→ valor nominal de  $\phi$  por exceso

# DRENAJE

## DISEÑO HIDROLÓGICO



# DRENAJE

## Hidrograma Unitario: NRCS

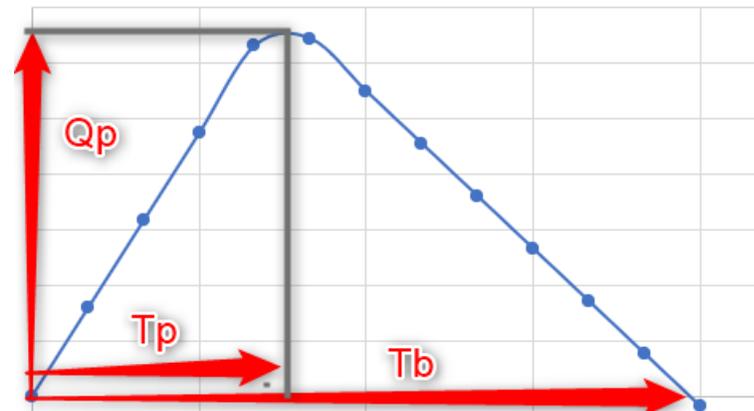
(Natural Resources Conservation Service)

Área de la cuenca > 400 hás

Tiempo de concentración > 20 min

**Hidrograma** – representación gráfica de los caudales de escurrimiento de una determinada cuenca, en función del tiempo.

Hidrograma Unitario



**Hidrograma Unitario:** hidrograma con un volumen unitario de escorrentía superficial (1 cm de precipitación efectiva), provocado por una lluvia de intensidad constante, de distribución uniforme sobre toda la cuenca y de duración unitaria.

# DRENAJE

**Precipitación efectiva** – Volumen de lluvia no retenida por la superficie ni infiltrada al suelo.

## **Propiedades del hidrograma de escurrimiento superficial:**

### **1. Constancia del tiempo base**

El tiempo de duración del escurrimiento superficial ( $t_b$  - tiempo base) es el mismo para lluvias de igual duración ( $d$ ), cualquiera sea el volumen total escurrido, o sea que no depende de la intensidad de la lluvia.

### **2. Proporcionalidad**

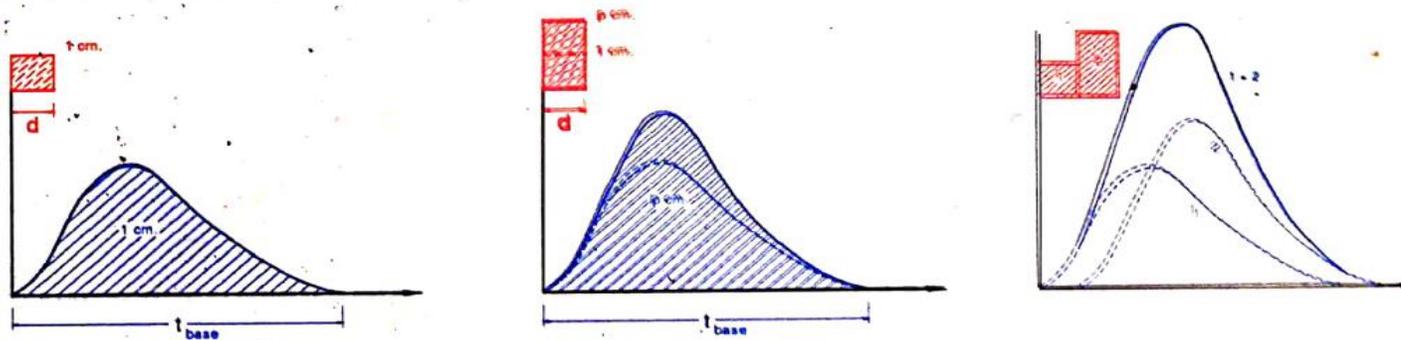
Dos lluvias de igual duración ( $d$ ), ambas uniformemente distribuidas y de intensidad constante, produciendo volúmenes diferentes de escurrimiento superficial, dan lugar a hidrogramas en que las ordenadas correspondientes a igual tiempo son proporcionales a los volúmenes escurridos.

### **3. Aditividad**

El hidrograma resultante de dos lluvias consecutivas es igual a la suma de los hidrogramas (desfasados) de cada lluvia.

El hidrograma correspondiente a una lluvia de duración superior a la de la lluvia unitaria ( $d$ ) se obtendrá representando a ésta como una sucesión de lluvias unitarias consecutivas y componiendo (por adición de las ordenadas) los hidrogramas elementales correspondientes a estas lluvias unitarias, teniendo en cuenta la separación en el tiempo de los orígenes de estos últimos.

# DRENAJE



→ A partir de estos conceptos se puede determinar un hidrograma de crecidas máximas para la cuenca en estudio, elaborando una tormenta de diseño según el método del Soil Conservation Service (SCS), suponiendo hidrogramas simplificados (triangulares) para cada unidad de lluvia en que se descompone la lluvia total.

- unidad de lluvia  $D = t_c/5$  ó  $D = \frac{\text{entero} [2 \cdot (t_c - 0,25) + 1]}{12}$
- precipitación para cada duración → intensidad-duración, empíricos o isoyetas
- incrementos de precipitación entre unidades de lluvia consecutivas
- reordenar valores incrementales para construir tormenta de diseño
- hidrograma unitario triangular

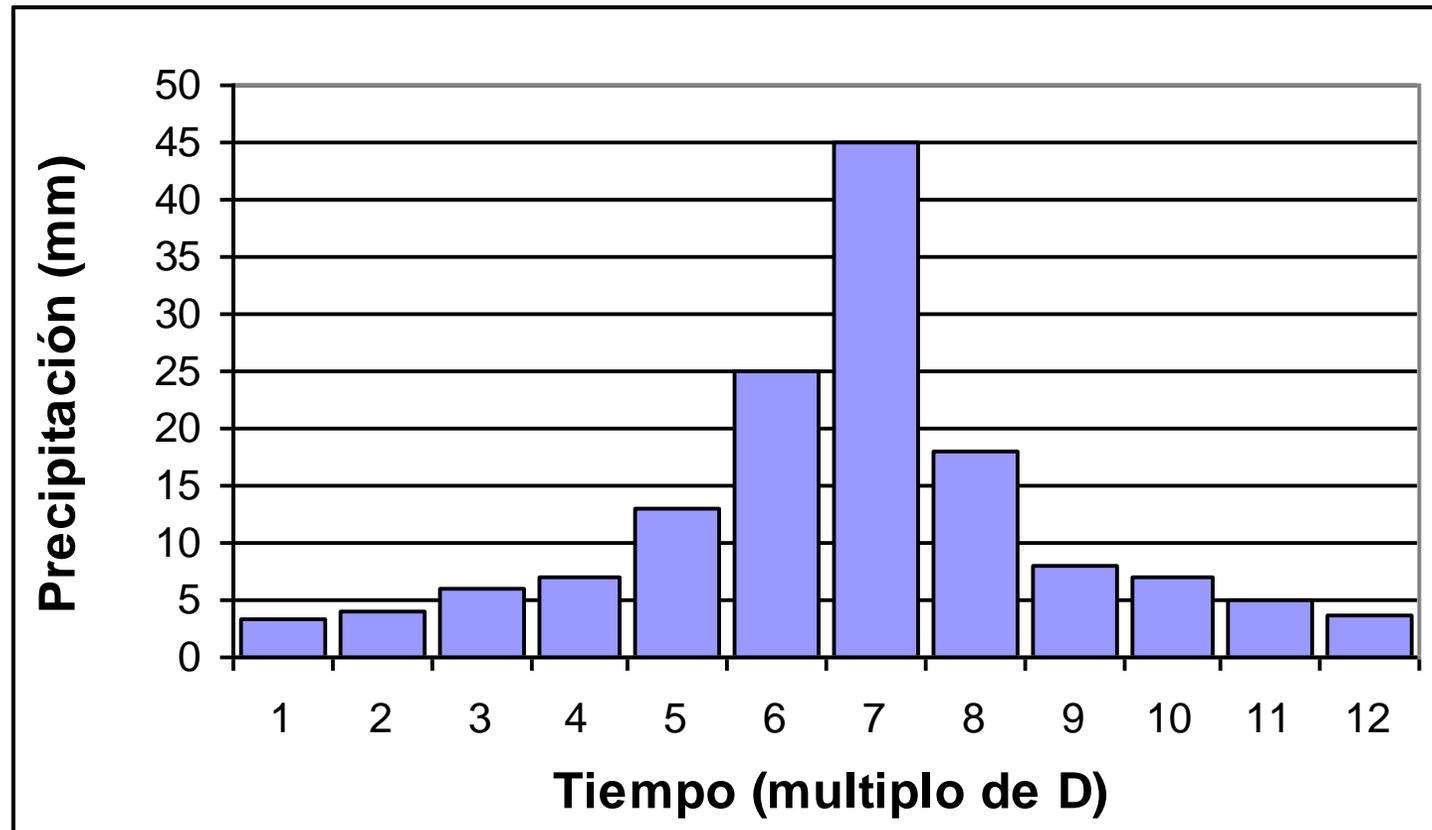
$$t_{pico} = \frac{D}{2} + 0,6 \cdot t_c \quad t_{base} = 2,667 \cdot t_{pico} \quad q_{pico} = \frac{0,208 \cdot A}{t_{pico}}$$

→ El caudal de diseño es la mayor de las ordenadas obtenidas por acumulación de los hidrogramas unitarios correspondientes a cada una de las lluvias elementales.

# DRENAJE

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Duración (hs)	Precipitación (mm)	Incrementos de Precipitación (mm)	Tormenta (mm)
1 <u>D</u>	P1	ICP1 = P1	INCP12 = T1
2 <u>D</u>	P2	ICP2 = P2-P1	INCP10 = T2
3 <u>D</u>	P3	ICP3 = P3-P2	INCP8 = T3
4 <u>D</u>	P4	ICP4 = P4-P3	INCP6 = T4
5 <u>D</u>	P5	ICP5 = P5-P4	INCP4 = T5
6 <u>D</u>	P6	ICP6 = P6-P5	INCP2 = T6
7 <u>D</u>	P7	ICP7 = P7-P6	INCP1 = T7
8 <u>D</u>	P8	ICP8 = P8-P7	INCP3 = T8
9 <u>D</u>	P9	ICP9 = P9-P8	INCP5 = T9
10 <u>D</u>	P10	ICP10 = P10-P9	INCP7 = T10
11 <u>D</u>	P11	ICP11 = P11-P10	INCP9 = T11
12 <u>D</u>	P12	ICP12 = P12-P11	INCP11 = T12

# DRENAJE



# **DRENAJE**

## **Cálculo del Volumen de escurrimiento**

Datos de entrada: Valores de precipitación de la Tormenta de diseño, Unidad de Suelo 1:1.000.000 presente en la cuenca y su cobertura.

Determine el grupo Hidrológico para cada Unidad de Suelo presente en la cuenca a partir de la Tabla 6.3. A continuación determine el Número de Curva del NRCS en condiciones medias (Condiciones II), utilizando la Tabla 6.4, empleando el Grupo Hidrológico del suelo presente en la cuenca y su cobertura. Se debe tener en cuenta que si en la cuenca de drenaje hay varios tipos y usos de suelo se debe calcular un NC compuesto, ponderando por el área, siempre que los NC no sean muy diferentes; en caso contrario se deben ponderar los escurrimientos.

# DRENAJE

Realice la acumulada de la Tormenta de diseño (columna 5, Tabla 6.2) y calcule el volumen de escurrimiento para cada valor de dicha columna empleando el método del Número de Curva (columna 6, Tabla 6.2).

$$ESC = \frac{(P - 0.2.S)^2}{(P + 0.8.S)} \quad \text{si } P > 0.2 S \quad [6.3]$$

y

$$ESC = 0 \quad \text{si } P < 0.2 S$$

Siendo:

$$S = 25.4 \left( \frac{1000}{NC} - 10 \right)$$

[6.4]

donde:

- P - precipitación total de la tormenta (mm)
- ESC - escorrentía producida en la tormenta (mm)
- S - retención potencial máxima del suelo (mm)
- NC - número de curva (adimensional)

# DRENAJE

Por lo tanto, el escurrimiento acumulado al final de cada período se determina a partir de la precipitación acumulada hasta ese instante y el escurrimiento en cada período se determina como la diferencia entre el escurrimiento acumulado entre el final y el inicio del período (columna 7, Tabla 6.2).

Se ha demostrado que este método tiende a tener una infiltración nula al final de las tormentas, por lo que el US Bureau of Reclamation sugiere la incorporación de una infiltración mínima. Para suelos de los grupos hidrológicos B, C y D se propone una infiltración mínima de 1.2 mm/h y para los del grupo A una infiltración mínima de 2.4 mm/h.

Calcule el déficit (columna 8, Tabla 6.2) para cada intervalo restando a la columna 4 la columna 7. Si este déficit en algún intervalo es menor a la infiltración mínima ( $I_{\min} = 1.2$  mm/h o 2.4 mm/h según lo mencionado anteriormente), obligar a que  $Q = T - I_{\min}$ . D (columna 7, Tabla 6.2).

# DRENAJE

1	4	5	6	7	8
Duración (hs)	Tormenta (mm)	Precipitación Acumulada (mm)	Escurrimiento Acumulado (mm)	Incrementos de Escurrimiento (mm)	DEFICIT (mm)
1 D	T1	PA1 = T1	ESC1	ESC1=Q1	T1-Q1
2 D	T2	PA2 = PA1+T2	ESC2	ESC2-ESC1=Q2	T2-Q2
3 D	T3	PA3 = PA2+T3	ESC3	ESC3-ESC2=Q3	T3-Q3
4 D	T4	PA4 = PA3+T4	ESC4	ESC4-ESC3=Q4	T4-Q4
5 D	T5	PA5 = PA4+T5	ESC5	ESC5-ESC4=Q5	T5-Q5
6 D	T6	PA6 = PA5+T6	ESC6	ESC6-ESC5=Q6	T6-Q6
7 D	T7	PA7 = PA6+T7	ESC7	ESC7-ESC6=Q7	T7-Q7
8 D	T8	PA8 = PA7+T8	ESC8	ESC8-ESC7=Q8	T8-Q8
9 D	T9	PA9 = PA8+T9	ESC9	ESC9-ESC8=Q9	T9-Q9
10 D	T10	PA10 = PA9+T10	ESC10	ESC10-ESC9=Q10	T10-Q10
11 D	T11	PA11 = PA10+T11	ESC11	ESC11-ESC10=Q11	T11-Q11
12 D	T12	PA12 = PA11+T12	ESC12	ESC12-ESC11=Q12	T12-Q12

Tabla 6.2

# DRENAJE

## Dimensionado de tuberías

Fórmula de Manning para canales

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot s^{1/2}$$

$v$  : velocidad de escurrimiento [m/seg]

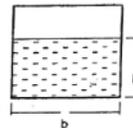
$R_h$  : radio hidráulico = área desagüe / perímetro mojado [m]

$s$  : pendiente del canal (paralela a pendiente hidráulica) [m/m]

$n$  : coeficiente de rugosidad de las paredes del canal

$Q$  : caudal de diseño [m<sup>3</sup>/seg]

Tipo de revestimiento	Coficiente de rugosidad de Manning
Canales naturales	0.020 – 0.030
Tierra	0.025
Tierra con hierba	0.035
Grava	0.030
Hormigón	0.010 – 0.015
Piedra	0.040
Metal corrugado	0.021



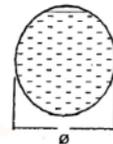
$$R_h = \frac{b \cdot h}{b + 2 \cdot h}$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \frac{(b \cdot h)^{5/3}}{(b + 2 \cdot h)^{2/3}} \cdot s^{1/2}$$

Dados:  $Q$ ,  $n$ ,  $s$ .

Se adopta:  $b$

Por iteración:  $h \rightarrow A \rightarrow R_h \rightarrow Q$



$$R_h = \frac{\pi \cdot \phi^2 / 4}{\pi \cdot \phi} = \frac{\phi}{4}$$

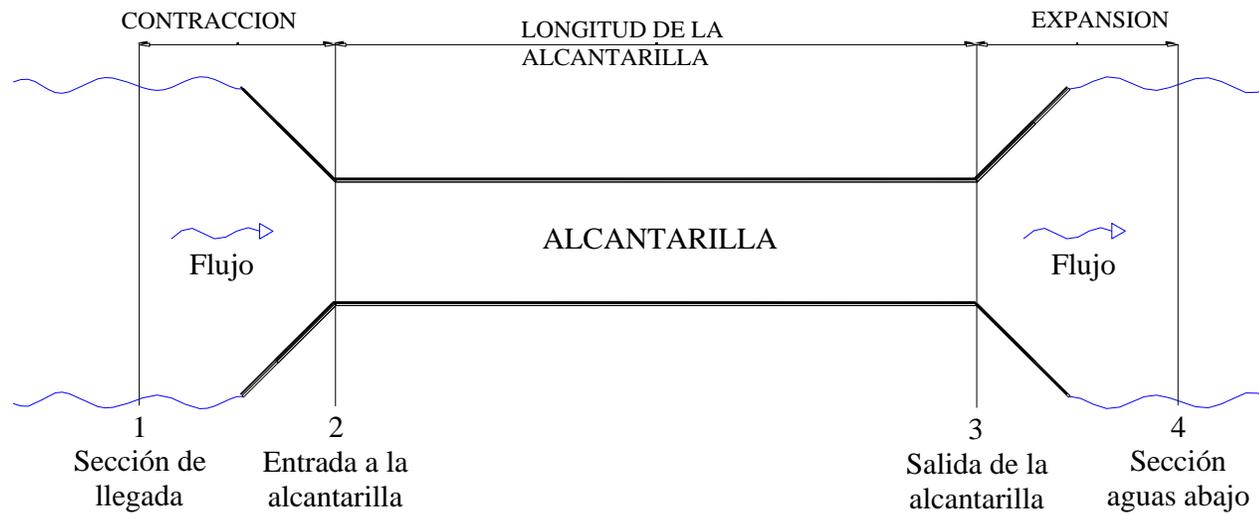
$$Q = \frac{1}{n} \cdot \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \cdot \left(\frac{\phi}{4}\right)^{2/3} \cdot s^{1/2} = \frac{0.3117}{n} \cdot \phi^{8/3} \cdot s^{1/2}$$

$$\phi = \left(\frac{3.208 \cdot n \cdot Q}{\sqrt{s}}\right)^{0.375}$$

→ valor nominal de  $\phi$  por exceso

# DRENAJE

## HIDRÁULICA DE ALCANTARILLAS



# DRENAJE

## HIDRÁULICA DE ALCANTARILLAS

Factor	Control de entrada	Control de salida
Profundidad del remanso en la entrada, $H_w$	Y	Y
Area de la sección de entrada	Y	Y
Configuración de las aristas en la sección de entrada	Y	Y
Forma de la sección de entrada	Y	Y
Rugosidad de la alcantarilla		Y
Area de la sección transversal de la alcantarilla		Y
Forma de la sección transversal de la alcantarilla		Y
Longitud de la alcantarilla		Y
Pendiente de la alcantarilla		Y
Tirante aguas abajo, $T_w$		Y

**Tabla 1.2 Factores que inciden en el cálculo del caudal de funcionamiento de una alcantarilla, dependiendo del tipo de control**

# DRENAJE

## HIDRÁULICA DE ALCANTARILLAS

Una vez completado el diseño hidrológico de la alcantarilla, por el cual se determina el caudal de diseño,  $Q_{dis}$  ( $m^3/s$ ), según las directivas establecidas en la parte A, debe procederse a la selección de las dimensiones de la alcantarilla siguiendo criterios hidráulicos.

Para ello debe tomarse en cuenta que la DNV maneja dos tipos de alcantarillas de hormigón: tipo Z y tipo H. Las alcantarillas tipo Z constan de 1 o más bocas, de sección transversal circular, cuyo diámetro  $D$  está estandarizado para las siguientes medidas: 0.5, 0.6, 0.8, 1.0 y 1.2 m. Las alcantarillas tipo H también constan de 1 o más bocas, de sección transversal rectangular, cuyo ancho  $B$  (m) está estandarizado para las siguientes dimensiones: 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 m. Por razones constructivas, la altura  $D$  (m) debe cumplir la condición:  $D \# B$ .

# DRENAJE

## DRENAJE SUBTERRÁNEO

**Agua libre:** entra o sale del suelo por acción de la gravedad.  
Se filtra en los poros y grietas del suelo.  
A mayor porosidad, mayor rapidez de escurrimiento (gravas y arenas)  
Esta agua disminuye la resistencia y estabilidad de la subrasante →  
Se extrae por drenajes.

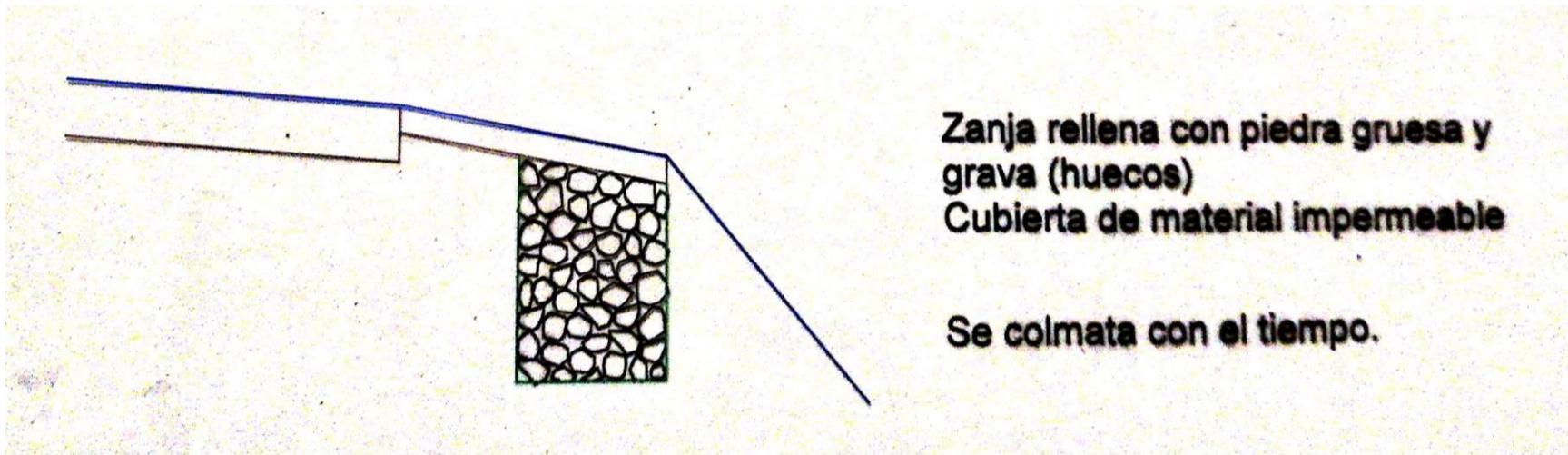
**Agua capilar:** se adhiere por tensión superficial a las partículas del suelo.  
Granos finos → conductos capilares pequeños  
Ascenso capilar: 0.5 m. arena mediana; 2.0 m. limo; >> arcilla.  
No se controla con subdrenaje, pero se desciende la napa freática.

**Humedad higroscópica:** condensada sobre las partículas del suelo  
No puede ser extraída fácilmente (no interesa)

Suel	{	Grava	> 2 mm.
		Arena	2 – 0075 mm. (75 μ)
		Limo	75 – 5 μ
		Arcilla	< 5 μ

# DRENAJE

## DREN FRANCÉS

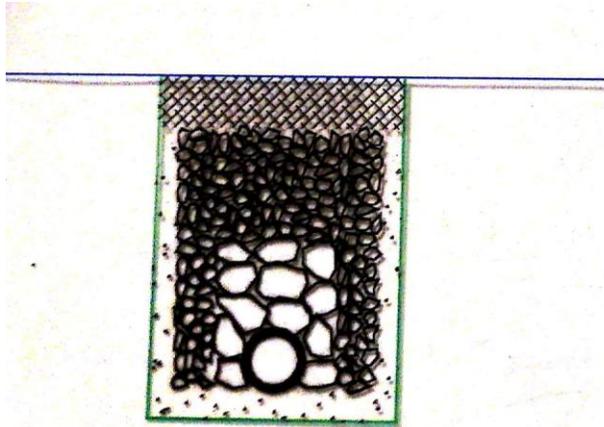


Zanja rellena con piedra gruesa y  
grava (huecos)  
Cubierta de material impermeable

Se colmata con el tiempo.

# DRENAJE

## DREN DE GRAVA GRADUADA

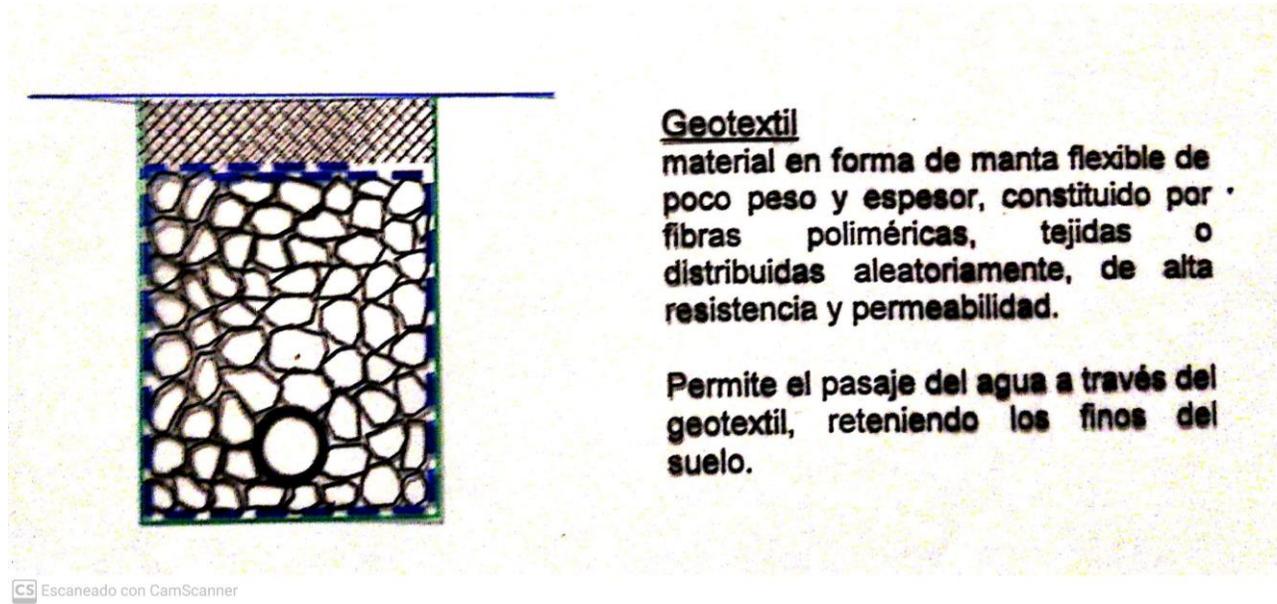


Zanja rellena con material permeable, de granulometría gruesa a fina, y tubería para infiltración y conducción del agua.

Dificultad constructiva.

# DRENAJE

## DRENES – APLICACIÓN DE GEOTEXTILES

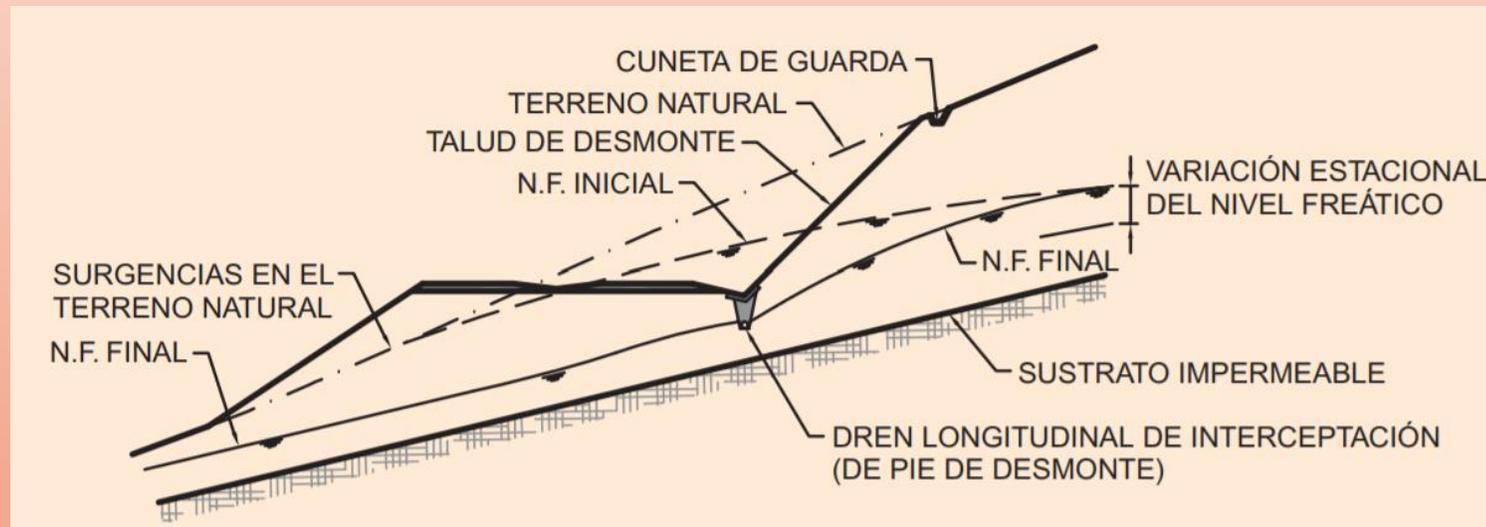


# DRENAJE

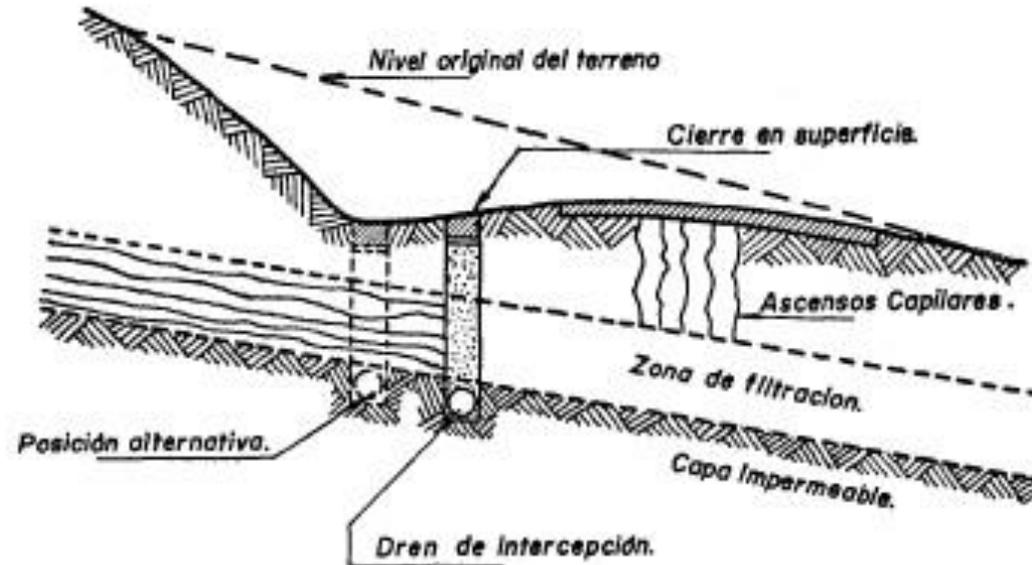
## DRENES – APLICACIÓN DE GEOTEXTILES



# DRENAJE



# DRENAJE



DREN DE INTERCEPCION.-

Fig. 6-1-a