

**Normas y Lineamientos Técnicos para las instalaciones de Agua Potable, Agua Tratada, Alcantarillado Sanitario y Pluvial de los Fraccionamientos y Condominios de las Zonas Urbanas del Estado de Querétaro**

**ÍNDICE**

		Pág.
<b>3.</b>	<b>Alcantarillado Pluvial</b>	
<b>3.1</b>	<b>Introducción</b>	2
3.1.1	Planos	2
3.1.2	Levantamiento Topográfico	2
3.1.3	Infraestructura Existente	3
3.1.4	Catastro y Urbanización	3
<b>3.2</b>	<b>Conceptos Generales de Hidrología</b>	4
3.2.1	Hidrología	4
3.2.2	Cuenca Hidrológica	5
3.2.3	Precipitación, Intensidad y duración	7
3.2.4	Escurrecimiento	8
<b>3.3</b>	<b>Conceptos Generales de Hidrología Urbana</b>	10
3.3.1	Ciudad	10
3.3.2	Hidrología Urbana	10
3.3.3	Cuenca Urbana	10
3.3.4	Evolución de ambiente rural a urbano	11
<b>3.4</b>	<b>Conceptos Generales de Estadística</b>	11
<b>3.5</b>	<b>Relaciones lluvia-escurrecimiento</b>	14
3.5.1	Generalidades de los Modelos Lluvia – Escurrecimiento	14
<b>3.6</b>	<b>Método Racional</b>	16
	Tiempo de Concentración	18
	Curvas i-d-T	19
3.6.1	Aplicación del Método Racional para el diseño de alcantarillado pluvial	20
<b>3.7</b>	<b>Determinación de las características de las tuberías</b>	22
3.7.1	Diámetro de la tubería	22
3.7.2	Velocidades máximas y mínimas permisibles	22
<b>3.8</b>	<b>Conformación de la Red Pluvial</b>	27
3.8.1	Escurrecimiento pluvial por vialidades.	28
3.8.2	Escurrecimiento pluvial por tuberías.	28
3.8.3	Escurrecimiento pluvial por canal.	29
3.3.4	Estructuras hidráulicas complementarias.	29
<b>3.9</b>	<b>Conclusiones</b>	30
3.9.1	Modelos Computacionales Comerciales	30



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



### 3.- ALCANTARILLADO PLUVIAL

#### 3.1.- Introducción

Los principales datos que se deben tener a disposición o elaborar en primera instancia para iniciar el diseño y proyecto de un sistema de alcantarillado pluvial son los siguientes:

##### 3.1.1.- Planos

Estos planos deberán ser de varios tipos, desde los integrales de ubicación general de la cuenca hasta los de detalle que permitirán el nivel de definición necesario para aportar las mejores soluciones al problema que se pretende resolver. Estos deberán incluir los levantamientos topográficos del área tal que permita la delimitación y trazado de la cuenca de aporte del sector de trabajo. Las escalas que los mismos serán variadas dependiendo del tipo de trabajo que realicemos con ellos o lo que estos pretendan mostrar.

##### 3.1.2.- Levantamiento topográfico

Es necesaria una nivelación geométrica en todas las esquinas de la zona de trabajo que nos permita identificar y trazar la cuenca de aporte, conociendo además y de ser posible las cuencas vecinas. Estos datos topográficos que se deberán levantar tendrán básicamente dos estructuras diferentes, dependiendo si el área de trabajo posee o no infraestructura de pavimento. En el primer caso será suficiente con acotar los puntos que se indican en la figura siguiente y que a criterio del profesional que realiza el levantamiento encuentre particularidades.

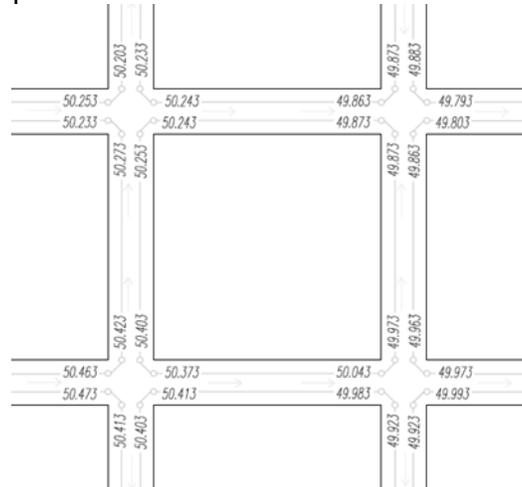


Figura 3.1.1.a Levantamiento topográfico sobre pavimento.

En el caso de zonas sin pavimento el levantamiento topográfico tomará las cotas en esquinas, centros de calles, veredas y fundamentalmente deberá incluir cotas de los Umbrales de las viviendas de la zona en estudio, estas son las que condicionaran de alguna manera los niveles y cotas de los elementos que se incluirán en el proyecto.



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



### 3.1.3.- Infraestructura existente

Es de fundamental importancia conocer con la mayor precisión posible la traza y ubicación plani-altimétrica de las redes de otros servicios, como: agua potable, telefonía, electricidad, TV por cable y otros; de tal forma de ajustar el proyecto a las condiciones existentes eligiendo la mejor opción en lo que respecta a localización y costos de obra.

### 3.1.4.- Catastro y urbanización

En este punto se destaca lo necesario de conocer como es la distribución catastral dentro de las manzanas que componen la cuenca, ello permitirá identificar la forma de aporte de cada una y ajustar los límites de las cuencas y subcuencas en forma precisa.

Se deben conocer los siguientes elementos relativos a la urbanización de la cuenca de aporte:

- Tipo de ocupación de las áreas, Código de Desarrollo Urbano (residencial, comercial y otros).
- Porcentajes de ocupación de los lotes.

En forma particular y con base en todo lo anterior se deberá tener la información enlistada en la siguiente tabla:

Tabla 3.1.4.a.-Datos a considerar en el diseño de proyectos de alcantarillado pluvial.

No	Dato	Característica
1	Tipo de desarrollo	Habitacional      Comercial Industrial          Mixto
2	Tabla de áreas de usos del suelo (m <sup>2</sup> )	Terreno Vendible (habitacional, comercial etc.) Vialidad              Donaciones Verde                  Otros
3	Número de lotes	Cantidad (habitacional, comercial etc.)
4	Densidad de población autorizada	Hab. / Ha o hab. / lote
5	Población de proyecto	Habitantes (total para el desarrollo)
6	Intensidad de la lluvia	mm / hr
7	Coefficiente (s) de escurrimiento	C
8	Área de la cuenca	Km <sup>2</sup> , m <sup>2</sup> , has
9	<b>Lluvia de proyecto</b>	mm / hr
10	Tipo de alcantarillado pluvial	Superficial, Tubería, Canal o mixto
11	Tipo de tubería a emplear	Material, características
12	Coefficiente de rugosidad de la tubería	En función del material de la tubería.
13	Tipo de canal	Material y características
14	Coefficiente de rugosidad del canal	En función del material del canal.
15	Cuerpo o estructura receptora definida por la CEA	Ubicación, características, diámetro, sección del canal, cota de la rasante, cota de arrastre hidráulico.
16	Cruce de escurrimientos adicionales a la cuenca del fraccionamiento	Describir con características.



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



## 3.2- Conceptos Generales de Hidrología

### 3.2.1.- Hidrología

Ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo los seres vivos.

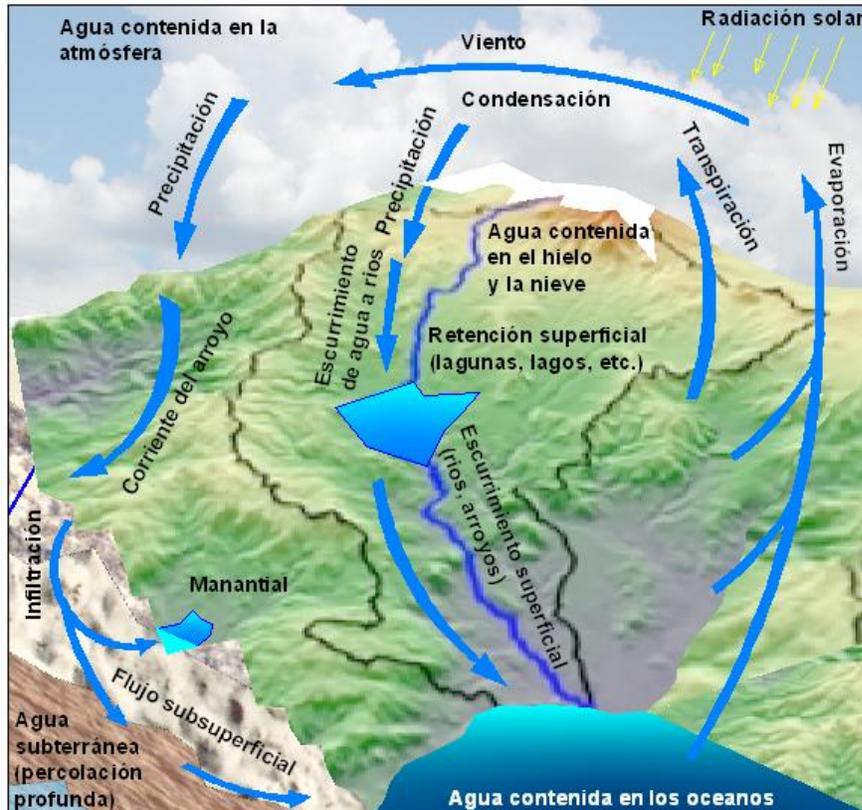


Figura 3.1.2.a. Ciclo Hidrológico.

La hidrología es utilizada principalmente en relación con el diseño y construcción de estructuras hidráulicas. Para la determinación de caudales máximos que se pueden esperar en un vertedor, en una alcantarilla de un sistema de alcantarillado urbano. La capacidad que se requiere para asegurar el suministro adecuado de agua para una zona de riego o para el abastecimiento de una ciudad. El efecto que producen los embalses y otras obras de control sobre las avenidas. El agua que puede bombearse sin sobre explotar un acuífero.

La lluvia o precipitación que cae al suelo se distribuye de diferentes formas:

- Almacenamiento superficial
- Almacenamiento por infiltración en el suelo (retención y detención).
- El almacenamiento por retención se sostiene por un periodo largo y se agota por evaporación.



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



- El almacenamiento por detención es por un periodo corto que se agota por el flujo hacia fuera del almacenamiento.
- El flujo fuera del almacenamiento de detención puede ser:
  - Flujo no saturado a través del suelo no saturado, cerca de la superficie terrestre.
  - Flujo de aguas subterráneas, a través de los acuíferos saturados más profundos.
  - Escurrimiento superficial, a través de la superficie terrestre.

### 3.2.2.- Cuenca hidrológica

La cuenca hidrológica es la unidad básica de estudio de la hidrología, La cuenca hidrológica ha sido definida como:

- Una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida (Aparicio, 1997).
- La totalidad del área drenada por una corriente o sistema interconectado de cauces, tales que todo el escurrimiento originado en tal área es descargado a través de una única salida (Campos, 1992).

### Características de la cuenca hidrológica

La cuenca hidrológica está formada principalmente por las condiciones topográficas y geológicas del terreno.

- **Topográficas:** tamaño, forma, pendiente, elevación, red de alcantarillado, ubicación general, uso y cubiertas de la tierra, lagos y otros cuerpos de agua, alcantarillado artificial, orientación, canales (tamaño, sección transversal, pendiente, rugosidad, longitud).
- **Geológicas:** tipo de suelo, permeabilidad, formación de aguas freáticas, estratificación.

Los desarrollos son considerados en forma general como parte de una **Micro cuenca**, la cual a su vez formará parte de alguna **Cuenca Hidrológica** definida.

Los proyectos de alcantarillado pluvial que se presenten para aprobación deberán considerar los siguientes aspectos:

- Invariablemente no se permitirá que las vialidades de los nuevos desarrollos confluyan directamente a una zona de viviendas (casas).
- En lo posible deberán evitarse las descargas directas a las vialidades.
- Presentar un análisis (en función del tamaño) de la red pluvial existente en la zona de influencia y agregar una propuesta de disposición final de las descargas, ya sea con descarga directa a un dren abierto o cerrado, que incluya la capacidad de éste para absorber el caudal adicional o una mejora en obra pluvial en el entorno del desarrollo.
- En desarrollos que por su posición topográfica reciban aportaciones de aguas arriba deberán considerar el gasto acumulado en las obras pluviales internas y



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



- externas que propongan para su fraccionamiento, condominio o unidad Condominal.

Por lo anterior se puede determinar que el cálculo de las diferentes formas que toma la precipitación pluvial al entrar en contacto con el suelo es por demás complicado y existen varios procedimientos para su valorización.

**Parteaguas:** Inherente a la definición de cuenca hidrológica está la definición de parteaguas. El parteaguas es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de cuencas vecinas.

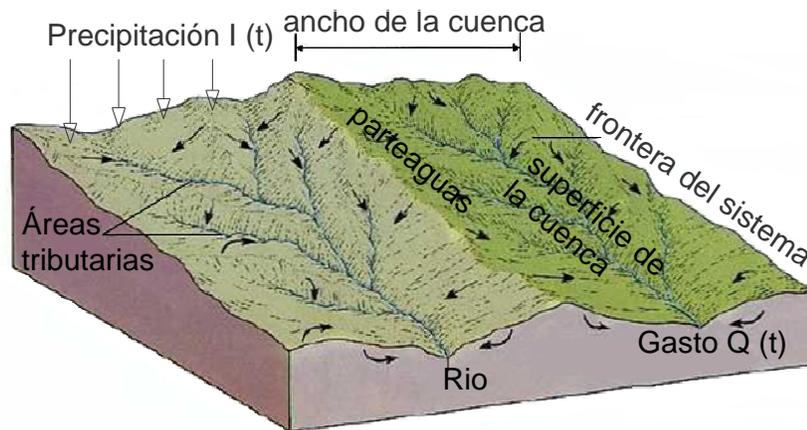


Figura 3.1.2.b. Cuenca Hidrológica.

Características geomorfológicas de la cuenca:

- Área de la cuenca. De acuerdo con Campos (1992):
  - Muy pequeña  $A < 25 \text{ km}^2$
  - Pequeña  $25 < A < 250 \text{ km}^2$
  - Intermedia pequeña  $250 < A < 500 \text{ km}^2$
  - Intermedia grande  $500 < A < 2500 \text{ km}^2$
  - Grande  $2500 < A < 5000 \text{ km}^2$
  - Muy grande  $A > 5000 \text{ km}^2$
- La pendiente de la cuenca tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Esta característica controla el tiempo de flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas.
- Cobertura vegetal y uso y tipo de suelo (edafología).
- Red de alcantarillado.



GOBIERNO DE SOLUCIONES



Características geomorfológicas del cauce:

- a) Cauce principal: Es la corriente que pasa por la salida de la cuenca y es la de mayor orden.
- b) Longitud: Distancia horizontal del río principal entre un punto aguas abajo (estación de aforo) y otro punto aguas arriba, donde corta la línea de contorno de la cuenca.
- c) Pendiente: Es uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta de una cuenca ante una tormenta. La pendiente varía a lo largo del cauce, por lo que es necesario definir una pendiente media.
- d) Orden de la corriente. Es un indicador del grado de bifurcación.

### 3.2.3.- Precipitación, intensidad y duración

Se llama precipitación a aquellos procesos mediante los cuales el agua cae de la atmósfera a la superficie de la tierra, en forma de lluvia (precipitación pluvial), nieve o granizo. La precipitación es la componente principal en la generación del escurrimiento superficial y subterráneo.

La magnitud de los escurrimientos superficiales está ligada proporcionalmente a la magnitud de la precipitación pluvial. Por este motivo, los estudios de alcantarillado parten del estudio de la precipitación para estimar los gastos de diseño que permiten dimensionar las obras de alcantarillado.

La medición de la precipitación se ha llevado a cabo principalmente con aparatos climatológicos conocidos como pluviómetros y pluviógrafos. Ambos se basan en la medición de una lámina de lluvia (mm), la cual se interpreta como la altura del nivel del agua que se acumularía sobre el terreno sin infiltrarse o evaporarse sobre un área unitaria. La diferencia entre los dispositivos de medición consiste en que el primero mide la precipitación acumulada entre un cierto intervalo de tiempo de lectura (usualmente 24 hrs) y el segundo registra en una gráfica (pluviograma) la altura de la lluvia acumulada de acuerdo al tiempo, lo que es más útil para el diseño de obras de alcantarillado.

La ventaja de usar los registros de los pluviógrafos con respecto a los pluviómetros radica en que se pueden calcular intensidades máximas de lluvia para duraciones predeterminadas, que posteriormente pueden ser transformadas a gastos de diseño para estructuras de alcantarillado.

La intensidad de lluvia y la duración son dos conceptos asociados entre sí.

- **Intensidad.** Se define como la lámina o altura de lluvia acumulada por unidad de tiempo usualmente se especifica en mm/h.
- **Duración.** Es el intervalo de tiempo que dura la lluvia, definiéndose en minutos.



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



### 3.2.4.- Escurrimiento

La cuenca es la entidad que transforma la lluvia en escurrimiento

El escurrimiento se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca, ya sea a un cuerpo de agua o al mar.

Antes de que ocurra el escurrimiento superficial, la lluvia debe satisfacer las demandas inmediatas de infiltración, evaporación, intercepción y almacenamientos superficiales (vasos o cauces). Algunas de esas “pérdidas” son “menores”, por ejemplo en un cultivo de maíz, la intercepción es de 0.5 mm (1mm de lámina de precipitación distribuido en 1m<sup>2</sup> equivale a un litro), pero en un bosque puede llegar a ser hasta del 25% de la lluvia.

Despreciando la intercepción por vegetación, el escurrimiento superficial es aquella parte de la lluvia que no es absorbida por el suelo mediante infiltración. Si el suelo tiene una capacidad de infiltración  $f$  que se expresa en centímetros absorbidos por hora, entonces cuando la intensidad de la lluvia  $i < f$  la lluvia es absorbida completamente y no existe escurrimiento superficial. Se puede decir como una primera aproximación que si  $i > f$ , el escurrimiento superficial ocurrirá con un valor de  $(i - f)$ .

A la diferencia  $(i - f)$  se le denomina “exceso de lluvia” y es la que forma el escurrimiento superficial.

Se denomina “lluvia efectiva” la que incluye el escurrimiento subsuperficial más el escurrimiento superficial.

Se considera que el escurrimiento superficial toma la forma de escurrimiento laminar que se puede medir en cm. A medida que el flujo se mueve por una pendiente y se va acumulando, su profundidad aumenta y deberá descargar en un canal natural o artificial.

Con el escurrimiento superficial se forman almacenamientos en las depresiones y almacenamiento por detención superficial proporcional a la profundidad del mismo flujo superficial. El suelo almacena el agua infiltrada y luego la libera lentamente como flujo subsuperficial en los periodos de sequía.

El flujo subsuperficial puede ser la porción de mayor escurrimiento total para lluvias moderadas o ligeras en zonas áridas, porque el flujo superficial en estas condiciones se reduce por la evaporación e infiltración sumamente elevadas.



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**

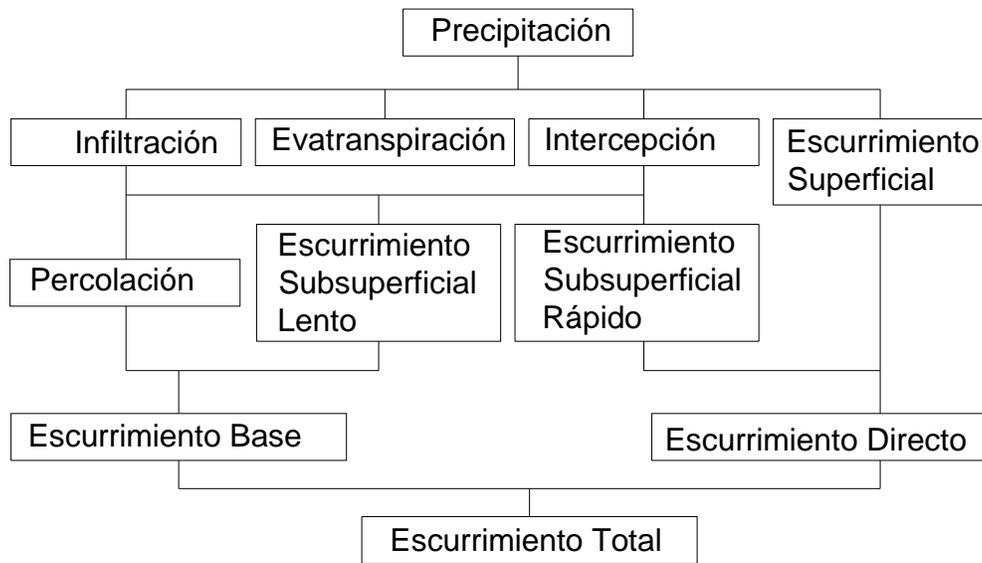


### Características que afectan el escurrimiento.

Los dos principales grupos que afectan el escurrimiento son las características de la cuenca hidrológica (ver 3.2.2) y las características climatológicas:

### Características climatológicas.

- Precipitación y su forma (lluvia, granizo, rocío, nieve, helada), intensidad, duración, distribución por tiempo, distribución estacional, distribución por área, intervalo de recurrencia, precipitación antecedente, humedad del suelo y dirección de movimiento de la tormenta.
- Temperatura
- Viento: velocidad, dirección, duración.
- Humedad
- Presión atmosférica
- Radiación Solar
- Calentamiento Global



La transformación de la lluvia en escurrimiento es el más complejo de los procesos del ciclo hidrológico.

Figura 3.2.4.a. Transformación de lluvia a escurrimiento.



GOBIERNO DE SOLUCIONES



### **3.3 Conceptos Generales de Hidrología Urbana**

#### **3.3.1.- Ciudad**

La ciudad vista desde un carácter urbano se da a partir de un número de habitantes mínimo. Sin embargo, vista desde un carácter ingenieril es alcanzado de manera independiente al número de habitantes, cuando los servicios son suministrados de manera continua en el espacio y tiempo, a través de un sistema de redes técnicas que solidarizan al territorio.

En contraste, el medio rural se caracteriza por tener suministro de manera puntual.

#### **3.3.2.- Hidrología Urbana**

Es la disciplina científica del medio ambiente que tiene por objeto el estudio del agua y de sus relaciones entre el manejo de las aguas de superficie y el desarrollo del espacio en medio urbano. La hidrología urbana está estrechamente ligada a una técnica urbana en particular, al alcantarillado.

La hidrología urbana se interesa en la parte del ciclo del agua que es afectada por la urbanización o que afecta (impacta) el funcionamiento de la ciudad (infiltración en los suelos y funcionamiento hidrodinámico de los matos freáticos, escurrimiento de las aguas en superficie y escurrimiento dentro de las canalizaciones naturales y artificiales, evacuación y tratamiento de las aguas residuales).

#### **3.3.3.- Cuenca Urbana**

Es la cuenca hidrográfica donde se originan procesos urbanísticos de asentamientos humanos con actividades sociales, económicas, políticas y culturales, apoyadas en sistemas tecnológicos artificiales que se desarrollan a expensas del sistema natural.

La cuenca urbana es la unidad básica territorial que desde las dimensiones político-social, ambiental, económica y físico espacial permite la sustentabilidad de la ciudad, a partir de la compatibilidad en el uso de las fuentes de agua, energéticas y el patrimonio natural que ella contiene, procurando la equidad de la población urbana, que proyecte calidad de vida a las futuras generaciones.

Los límites de las cuencas de aporte y sus subcuencas podrán ser trazadas a partir de la topografía del área y de conocer las características del catastro y la urbanización, dado que estos elementos nos permitirán identificar los límites más claros donde el escurrimiento superficial se divide.



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



### 3.3.4.- Evolución de ambiente rural a urbano

Desde el punto de vista hidrológico, los cambios más significativos que se presentan en una cuenca que se ha convertido a urbana son:

- La reducción de la infiltración, escurrimiento subsuperficial y subterráneo y tiempo de retardo.
- Modificación del hidrograma, pues éste toma un carácter súbito, con la presentación del tiempo pico mucho más rápido, a su vez que el sistema hidrográfico pierde capacidad de retención y almacenamiento. La forma del hidrograma provoca que generalmente se tenga un área mayor bajo la curva, lo que representa mayor volumen escurrido, además de que el gasto pico es mayor.
- El aumento de la velocidad de escurrimiento.
- La cuenca se vuelve sensible a lluvias intensas de corta duración.

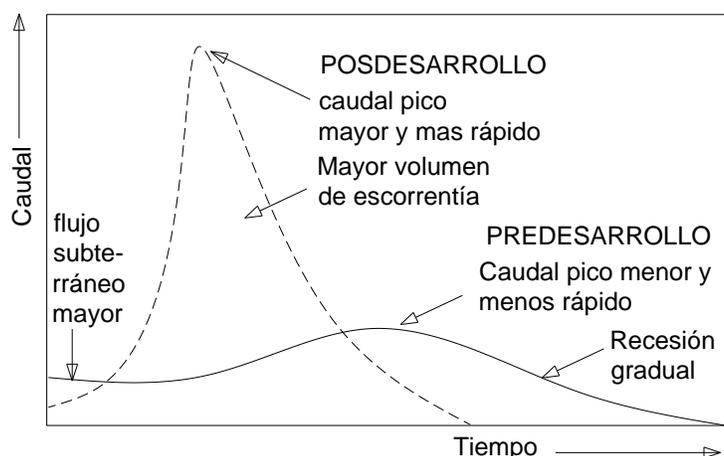


Figura 6. Hidrograma de escurrimiento antes y después de la urbanización.

### 3.4.- Conceptos Generales de Estadística

En hidrología es común tratar con los conceptos de periodo de retorno y probabilidad de riesgo. **El periodo de retorno** o **intervalo de recurrencia** (en años), se define como el número de años en que en promedio y a la larga un evento de una magnitud determinada puede ser igualado o excedido.

$$T = \frac{1}{P(x)}$$

Donde:

$T$  Periodo de retorno en años.

$P(x)$  Es la probabilidad de ocurrencia de un evento mayor o igual a  $x$ .

El periodo de retorno no es un intervalo fijo de ocurrencia de un evento, sino el promedio de los intervalos de recurrencia.



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



De la fórmula anterior podemos definir las siguientes expresiones básicas de probabilidad:

- a) La probabilidad de que un evento  $X \geq x$  ocurra en algún año cualquiera es:

$$P(x) = \frac{1}{T} \quad \text{Probabilidad de Excedencia}$$

- b) La probabilidad de que un evento  $X$  no ocurra en algún año cualquiera es:

$$Q(x) = 1 - P(x) = 1 - \frac{1}{T} \quad \text{Probabilidad de No Excedencia}$$

- c) La probabilidad de que  $X$  no ocurra durante  $n$  años consecutivos es:

$$Q_1(x)Q_2(x)Q_3(x) \dots Q_n(x) = [Q(x)]^n = \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

- d) La probabilidad  $R$ , llamada riesgo, de que  $X$  ocurra al menos una vez durante  $n$  años sucesivos o vida útil es:

$$R = 1 - [Q(x)]^n = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

En hidrología se manejan los periodos de retorno en lugar de probabilidades, por tener las mismas unidades de la vida útil de la obra (tiempo).

Por otra parte cuando se analizan registros históricos de un fenómeno, se les asigna un periodo de retorno de acuerdo con la frecuencia observada de cada evento. Para calcularlo, es común suponer que la frecuencia o intervalo de recurrencia de cada evento del grupo es similar a la observada, por ello se han propuesto varias fórmulas que permiten asignar un periodo de retorno a cada dato de la muestra en función de su frecuencia.

La más usada es la de Weibull.

$$T = \frac{n+1}{m}$$

Donde:

- $T$  Periodo de retorno en años.  
 $n$  Es el número de datos de la muestra.  
 $m$  Es el número de orden de la lista de datos ordenada de mayor a menor (para el caso de máximos anuales).

La probabilidad de no excedencia de un evento será:

$$Q(x) = 1 - P(x) = 1 - \frac{m}{n+1}$$



GOBIERNO DE  
SOLUCIONES



En la tabla descrita a continuación se describe los periodos de retorno asociados con diferentes niveles de riesgo.

**Tabla 3.4.a.- Periodos de retorno asociados con diferentes niveles de riesgo y vida útil esperada de la obra.**

Riesgo (%)	Vida útil de diseño de la obra							
	2	5	10	15	20	25	50	100
100	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
90	1.46	2.71	4.86	7.03	9.20	11.37	22.22	43.93
80	1.81	3.63	6.73	9.83	12.93	16.04	31.57	62.93
75	2.00	4.13	7.73	11.33	14.93	18.54	36.57	72.64
70	2.21	4.67	8.82	12.97	17.12	21.27	42.03	83.56
60	2.72	5.97	11.42	16.88	22.33	27.79	55.07	109.64
50	3.41	7.73	14.93	22.14	29.36	36.57	72.64	144.77
40	4.44	10.30	20.08	29.87	39.65	49.44	98.38	196.26
30	6.12	14.52	28.54	42.56	56.57	70.59	140.68	280.87
25	7.46	17.89	35.26	52.64	70.02	87.40	174.30	348.11
20	9.47	22.91	45.32	67.72	90.13	112.54	224.57	448.64
15	12.81	31.27	62.03	92.80	123.56	154.33	308.16	615.81
10	19.49	47.96	95.41	142.87	190.32	237.78	475.06	949.62
5	39.49	97.98	195.46	292.94	390.41	487.89	975.29	1950.07
2	99.50	247.99	495.48	742.97	990.47	1237.96	2475.42	4950.33
1	199.50	498.00	995.49	1492.99	1990.48	2487.98	4975.46	9950.42

Ejemplo:

Supóngase que se tiene una obra con una vida útil de 50 años y, que se desea que el riesgo o probabilidad de falla de la obra sea como máximo igual al 10%, entonces la obra se debe diseñar con un periodo de retorno 475 años.

Para efectos prácticos y considerando que gran parte del alcantarillado pluvial de los desarrollos se realiza por superficie, la CEA establece como periodo de retorno para el análisis y diseño de sus obras pluviales de captación y conducción un  $T = 10$  años y para obras de cabeza  $T = 25$  a 50 años.



GOBIERNO DE SOLUCIONES



### 3.5 Relaciones Lluvia – Esgurrimiento

#### 3.5.1.- Generalidades de los Modelos Lluvia – Esgurrimiento

Enfoques de la modelación de una cuenca

- a) Concentrado. Concentra todo el gasto a la salida de una cuenca (Por ejemplo, el Método Racional).
- b) Distribuido. Muchos modelos concentrados con su convolución o suma de efectos hacia la salida de la cuenca (Por ejemplo, el Método Gráfico Alemán).

Para el caso que aquí se ocupa, el Método Gráfico Alemán es útil para el diseño de colectores, es por ello que se divide la cuenca que se va a analizar en subcuenas asociadas a cada tramo de la red de alcantarillado, como lo muestra la siguiente figura, y cada una de estas subcuenas se aplica el Método Racional.

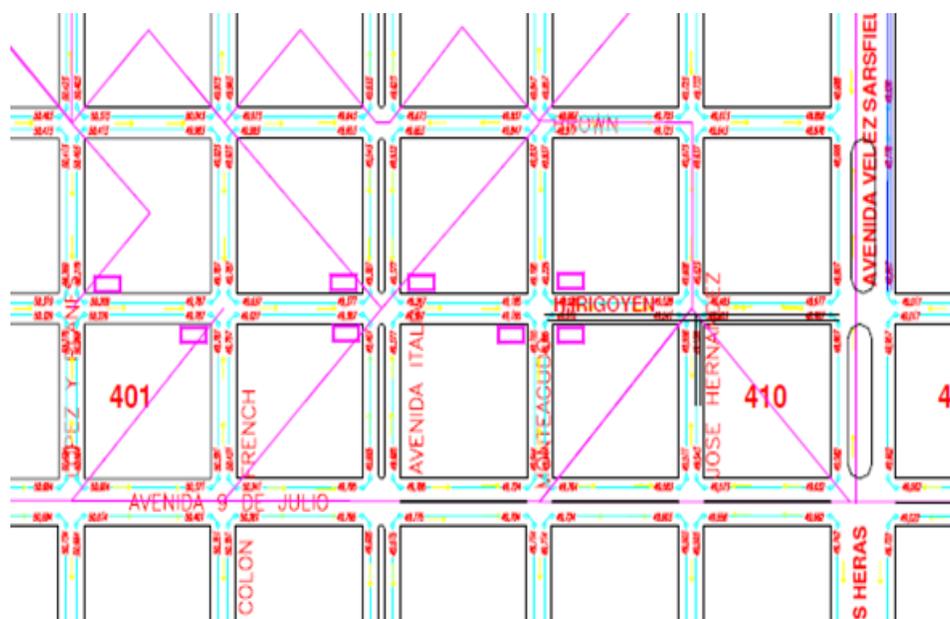


Figura 3.5.1.a. Límites de subcuenas.

El gasto de diseño del colector final estaría dado por la suma de los hidrogramas parciales, como se muestra a continuación:



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



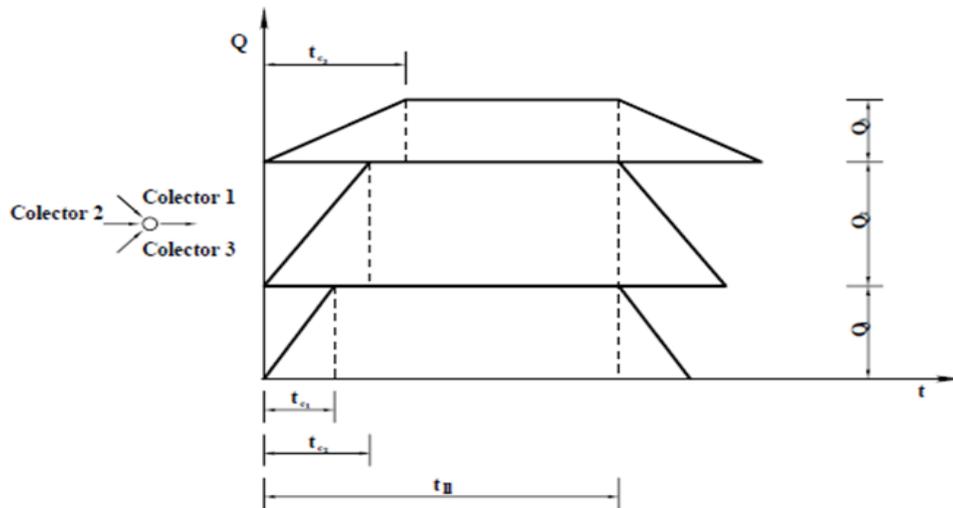


Figura 3.5.1.b. Suma de hidrogramas de colectores concurrentes.

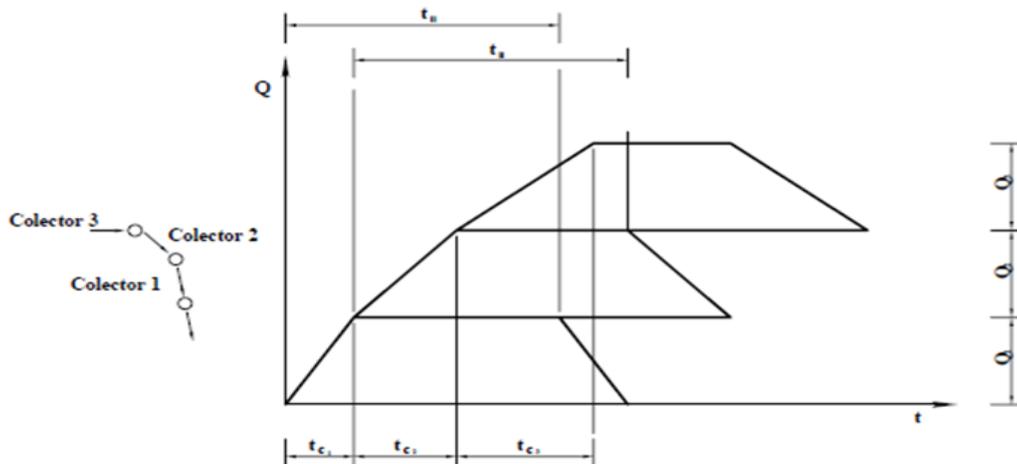


Figura 3.5.1.c. Suma de hidrogramas de colectores consecutivos.

Variables para el diseño de estructuras

- a) Gasto pico. Por ejemplo colectores y alcantarillas
- b) Volumen. Por ejemplo estructura de detención

En hidrología urbana existen dos métodos consolidados que permiten éste cálculo, ellos son:

- c) Método Racional, aplicable a cuencas urbanas de áreas inferiores a 3 km<sup>2</sup>.
- d) Métodos basados en la teoría del Hidrograma Unitario, aplicables en cuencas de áreas mayores.



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



### 3.6 Método Racional

Método Racional, que se puede aplicar a cuencas pequeñas.

Para la determinación del escurrimiento superficial en estructuras hidráulicas menores como los desarrollos, que son estructuras en las que no hay almacenamiento ni retención de agua pluvial, se empleará el Método Racional.

Este método fue desarrollado bajo las siguientes hipótesis:

- Los antecedentes de humedad y almacenamiento de la cuenca son despreciables.
- El valor máximo de escurrimiento para una intensidad específica de lluvia, la cual tiene una duración igual o mayor que el tiempo de concentración, es directamente proporcional a la intensidad de la lluvia.
- La frecuencia de la ocurrencia de la descarga máxima, es la misma que la de la intensidad de la lluvia con la cual se calculó.
- La descarga máxima por área unitaria disminuye conforme aumenta el área de alcantarillado, la intensidad de precipitación es uniforme sobre toda la cuenca y disminuye conforme aumenta la duración.
- La capacidad de infiltración es constante en todo tiempo, por lo que el coeficiente de escurrimiento "C" permanece constante para todas las tormentas en una cuenca hidrológica.
- La duración de la precipitación es igual o mayor que el tiempo de concentración de la cuenca, por lo que el valor máximo de escurrimiento para una intensidad particular de lluvia, ocurre si la duración de la lluvia es igual o mayor que el tiempo de concentración.

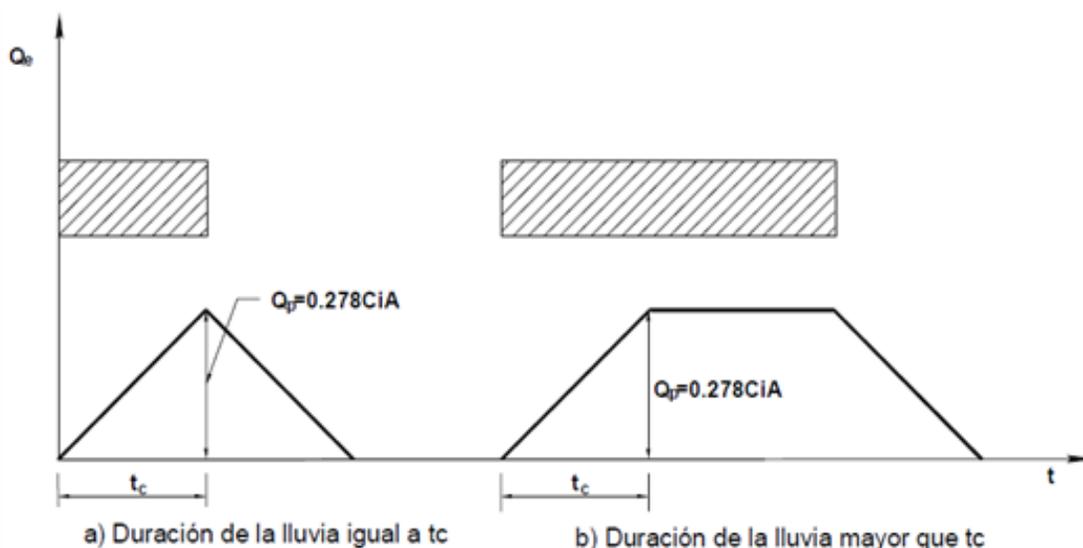


Figura 3.6.a



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



El Método Racional que está definido por la siguiente fórmula:

$$Q = C \times id \times A \times 0.27777$$

donde:

- Q Gasto del escurrimiento superficial en m<sup>3</sup> / seg.  
 C Coeficiente de escurrimiento ponderado para el área tributaria por analizar = porcentaje de la lluvia que aparece como escurrimiento directo (ver tabla 3.6.a).  
 id Intensidad media de la lluvia en mm / hr, para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca.  
 A Área tributaria del drenaje por analizar (km<sup>2</sup>).  
 0.2777 Factor de conversión de unidades.

El Método Racional tiene aplicaciones razonables para las zonas urbanizadas que tienen instalaciones para alcantarillado de dimensiones y características hidráulicas fijas.

Este método considera el escurrimiento como una fracción de la precipitación pluvial, sin descontar las pérdidas (infiltración) y combina todos los factores complejos que afectan el escurrimiento en un sólo coeficiente, estas consideraciones son validas para los fraccionamientos por no justificarse la aplicación de procedimientos más complejos para el cálculo de los alcantarillados pluviales.

**Coeficiente de escurrimiento.-** El coeficiente de escurrimiento no es más que la relación entre la cantidad de agua de escurrimiento y la cantidad de agua precipitada por una superficie característica.

Tabla 3.6.a.- Coeficiente de escurrimiento “C”

Tipo de área	“C”	Tipo de área	“C”
<b>Residencial</b>		<b>Calles</b>	
Áreas unifamiliares	0.30 – 0.50	Asfalto	0.70 – 0.95
Unidades múltiples separadas	0.40 – 0.60	Concreto	0.80 – 0.95
Unidades múltiples conectadas	0.60 – 0.75	Adoquín	0.70 – 0.85
Áreas departamentales	0.50 – 0.70	Aceras y andadores	0.75 – 0.85
Techos	0.75 – 0.95	Terracerías	0.25 – 0.60
Casa habitación	0.50 – 0.70	<b>Parques, jardines, prados</b>	
<b>Comercial</b>		Suelo arenoso plano < o = a 2%	0.05 - 0.10
Centro de la ciudad	0.70 – 0.95	Suelo arenoso pendiente de 2 a 7%	0.10 – 0.15
Fuera del centro de la ciudad	0.50 – 0.70	Suelo arenoso pendiente de 7% o mayor	0.15 – 0.20
Techos	0.75 – 0.95	Suelo arcilloso plano < o = a 2%	0.13 – 0.17
<b>Industrial</b>		Suelo arcilloso pendiente 2 a 7%	0.18 – 0.22
Ligera	0.50 – 0.80	Suelo arcilloso pendiente de 7% o mayor	0.25 – 0.35
Pesada	0.60 – 0.90	<b>Áreas no urbanizadas</b>	0.10 – 0.30
Techos	0.75 – 0.95	<b>Áreas de monte o bosque según su pendiente y características del suelo</b>	0.01 – 0.20



GOBIERNO DE SOLUCIONES



Al seleccionar el coeficiente de escurrimiento debe tomarse en cuenta también que depende de las características y condiciones del suelo, como la humedad antecedente, el grado de compactación, la porosidad, la vegetación, la pendiente y el almacenamiento por alguna depresión, así como la intensidad de la lluvia.

**Tiempo de Concentración.-** El tiempo de concentración es el tiempo que tarda la cuenca en aportar todo su gasto para concentrarlo en el punto de salida. La hipótesis que involucra al tiempo de concentración es la más importante del método racional.

La duración del diseño es igual al tiempo de concentración para el área de alcantarillado en consideración.

Se supone que el máximo escurrimiento se presenta en el tiempo de concentración **tc** cuando toda la cuenca está contribuyendo al flujo en su salida. El tiempo de concentración **tc** se calcula mediante:

$$tc = tcs + tt$$

donde:

tc	Tiempo de concentración.
tcs	Tiempo de concentración sobre la superficie.
tt	Tiempo de traslado a través de los colectores.

$$d \geq Tcs$$

Donde:

<i>Tcs</i>	Tiempo de concentración por la superficie en minutos.
<i>d</i>	duración de la lluvia en minutos.

Entonces, si el tiempo de concentración es una variable relevante en el método racional, se debe elegir el modelo mejor adaptado para el cálculo del tiempo de concentración. Para ello se debe considerar:

- Bajo qué condiciones se obtuvo la ecuación
- En dónde y cuándo fue aplicada
- Los parámetros que considera
- El sistema de unidades que maneja
- El rango de aplicación del modelo (*L*, *S*)

Independientemente de la existencia de versiones del método racional, que corrigen la desviación (error) probable relativo a las hipótesis de dicho método, existen limitaciones espacio – temporales que deben ser consideradas en el cálculo. Dado que la lluvia es uniforme en toda la superficie de la cuenca, se deben considerar cuencas pequeñas en donde la variación espacio – temporal de la lluvia sea despreciable.

Según los siguientes autores, el área de la cuenca no debe exceder los valores que se enlistan:



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



- Yevjevich, 1992 0.64 km<sup>2</sup>
- Singh, 1988 12.95 km<sup>2</sup>
- Viessman, 1989 2.59 km<sup>2</sup>

Para el tiempo de concentración existen varios métodos, de los cuales se puede mencionar a continuación los más usados.

- a) **Kirpich.** Fue desarrollado en muchas cuencas rurales en Tennessee. La cuenca tiene canales bien definidos y pendientes de 3 a 10% y áreas de 0.004 km<sup>2</sup> a 4.5 km<sup>2</sup>. Es usado ampliamente en áreas urbanas para escurrimiento superficial y canales, también es usado para cuencas agrícolas de hasta 0.8 km<sup>2</sup>.

$$T_{cs} = 0.0078 \left( \frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.77} \text{ Unidades Inglesas} \quad T_{cs} = 0.0078 \left( \frac{3.2808L}{S^{0.5}} \right)^{0.77} \text{ Unidades Métricas}$$

Donde:

- $T_{cs}$  Tiempo de concentración en superficie, medido en minutos.  
 $L$  Longitud del cauce principal, en pies(metros).  
 $S$  Pendiente.

- b) **Kerby.** Fue desarrollado en cuencas teniendo cursos de agua menores a 365 m, pendientes menores a 1% y áreas menores a 0.04 km<sup>2</sup> (4 has).

$$T_{cs} = 0.83 \left( \frac{NL}{S^{0.5}} \right)^{0.467} \text{ Unidades Inglesas} \quad T_{cs} = 0.83 \left( \frac{3.2808NL}{S^{0.5}} \right)^{0.467} \text{ Unidades Métricas}$$

Donde:

- $T_{cs}$  Tiempo de concentración en superficie, medido en minutos.  
 $L$  Longitud del cauce principal, en pies(metros).  
 $S$  Pendiente.  
 $N$  0.02 para superficies suaves impermeable.  
0.10 para superficies suaves libre de piedras.  
0.20 para superficie con poco pasto o cultivos.  
0.40 para superficie cubierta por pasto.  
0.60 para superficie con arboles.  
0.80 para superficie con arboles y gran densidad de pasto.

**Curvas i-d-T.-** Mediante un análisis de correlación lineal múltiple, se pueden relacionar la intensidad ( $i$ ), la duración ( $d$ ) y el periodo de retorno ( $T$ ), mediante la siguiente ecuación (Aparicio, 1997):

$$i = \frac{kT^l}{d^r}$$

Donde:

- $i$  Intensidad en mm/hr.  
 $T$  Periodo de retorno en años.  
 $d$  Duración en minutos.  
 $k, l, r$  Parámetros que se obtienen mediante el análisis ya mencionado.



GOBIERNO DE  
SOLUCIONES



Esta ecuación es la que genera las conocidas Curvas Intensidad – Duración – Periodo de Retorno. Estas curvas sirven para obtener intensidades y precipitaciones de diseño para diferentes periodos de retorno y diferentes duraciones, con las cuales al aplicar un modelo lluvia escurrimiento, es posible determinar el gasto de diseño para una obra hidráulica.

### Tiempo de traslado en los colectores.

Para determinar el tiempo de traslado en los colectores (tubería, canales, vialidad, etc.), se emplean las siguientes formulas:

$$V = (rh^{2/3} \times S^{1/2}) / n$$

donde:

V	Velocidad media del flujo en m/seg.
rh	Radio hidráulico de la tubería, canal en mts, = A / pm
A	Área transversal del flujo en m <sup>2</sup>
Pm	Perímetro mojado en m.
S	Pendiente hidráulica del tramo (adimensional) h/l
n	Coefficiente de fricción (adimensional) (ver tabla de coeficiente de fricción de Manning)

El tiempo de traslado resulta

$$tt = l / V$$

donde:

tt	Tiempo de traslado en seg.
l	Longitud del tramo en el cual escurre el agua en m.
V	Velocidad media de traslado en m/seg.

### 3.6.1.- Aplicación del Método Racional para el diseño de Alcantarillado Pluvial

En general cada problema hidrológico es único y las conclusiones no pueden interpolarse o trasladarse a otro problema. Esto ha ocasionado que muchas veces se juzgue un método de cálculo en forma equivocada, al no tenerse en cuenta sus limitaciones en cuanto a lo aplicable. Conviene establecer primero la bondad del método, aunque el problema por analizar no tenga las mismas condiciones para las cuales fue deducido, puede proporcionar un resultado cualitativo de gran utilidad, cuando se deba interpretar.

Metodología general para la aplicación del Método Racional

- Calcular las características fisiográficas: área, longitud del cauce principal, elevaciones máximas y mínimas, pendientes.

La definición de las diferentes áreas tributarias de escurrimiento pluvial del fraccionamiento no son las mismas que para el alcantarillado sanitario y el agua potable. Las áreas tributarias para el cálculo del alcantarillado pluvial están en función de la topografía propia



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



del desarrollo, de las pendientes de las vialidades, del uso que tendrá cada zona, de la definición de parte de la CEA del cuerpo o estructura receptora.

- b) Evaluar la cobertura para seleccionar el coeficiente de escurrimiento o calcularlo. Esto es, determinar el coeficiente de de escurrimiento a través del uso de tablas, o bien, calcularlo por ejemplo mediante la precipitación efectiva y la total, con las implicaciones que ello representa (función del número de escurrimiento y precipitación total). Esto de acuerdo con:

- Área habitacional
- Área jardinada
- Área de vialidad
- Etcétera

- c) Calculo del tiempo de concentración justificando ampliamente el empleo de modelo elegido. Determinar el tiempo de concentración  $T_c$  para cada área tributaria en estudio. Ello tomando en cuenta el tiempo de concentración en la superficie ( $T_{cs}$ ) así como el tiempo de traslado ( $tt$ ) en los colectores.

$$T_c = T_{cs} + tt$$

$$V = \frac{1}{n} R h^{2/3} S^{1/2}$$

$$tt = l / V$$

- d) Determinación del periodo de retorno o nivel de seguridad.
- e) Calculo de la lluvia de proyecto mediante las curvas  $i - d - T$ .
- f) Aplicación de la formula racional.



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



### 3.7 Determinación de las características de las tuberías

#### 3.7.1 Diámetro de la tubería

Una vez obtenido el gasto por el Método Racional se procederá a calcular el diámetro de la tubería con las diferentes formulas descritas a continuación, que dan un valor teórico del mismo, el cual deberá de revisarse con los diámetros comerciales más cercanos.

Para la obtención del diámetro a partir de la fórmula de Manning se puede decir que:

$$D = \left( \frac{3.208 Qn}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Donde:

- $D$  Diámetro interior del tubo en m.
- $Q$  Gasto requerido en  $m^3/s$ .
- $n$  Coeficiente de rugosidad (ver tabla).
- $S$  pendiente de fricción.

Para la obtención del diámetro en cms. de la fórmula de Manning

$$D = \left( \frac{691000 Qn}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

donde:

- $D_{cm}$  Diámetro interior del tubo, en cms.
- $Q$  Gasto requerido en  $m^3 / seg$ .
- $n$  Coeficiente de rugosidad (ver tabla 3.1.7.a)
- $S$  Pérdida de energía /m h/L

Para la obtención del diámetro de la fórmula de Manning

#### 3.7.2 Velocidades máximas y mínimas permisibles

Al igual que en el alcantarillado sanitario se deben de revisar las velocidades máxima y mínima de circulación en las tuberías, con objeto de poder controlar la sedimentación y erosión respectivamente.

Para tuberías que funcionaran a tubo lleno se podrá hacer uso de la ecuación de Manning, la cual toma la forma siguiente:

$$V = \frac{0.397 D^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Donde:

- $V$  Velocidad del flujo en el tubo en m/s
- $D$  Diámetro interior de la tubería en m
- $S$  Pendiente de fricción
- $n$  Coeficiente de rugosidad



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



**3.7.2.a.- Coeficiente de fricción o rugosidad  $n$  para las fórmulas de Manning en tuberías.**

Material	$n$
PVC y Polietileno de alta densidad	0.009
Asbesto Cemento	0.010
Hierro fundido nuevo	0.013
Hierro fundido usado	0.017
Concreto liso	0.012
Concreto rugoso	0.016
Mampostería de piedra braza asentada con mortero de cemento	0.020
Acero soldado con revestimiento interior a base de epoxy	0.011
Acero sin revestimiento	0.014
Acero galvanizado nuevo o usado	0.014

Se debe considerar los siguientes rangos para la velocidad en tuberías que funcionan a tubo lleno:

Material de la tubería	Velocidad (m/s)	
	Máxima	Mínima
Concreto simple hasta 45 cm de diámetro	3.00	0.30
Concreto reforzado a partir de 60 cm de diámetro	3.50	0.30
Acero con revestimiento	5.00	0.30
Acero sin revestimiento	5.00	0.30
Acero galvanizado	5.00	0.30
Asbesto cemento	5.00	0.30
Hierro fundido	5.00	0.30
Hierro dúctil	5.00	0.30
PVC (Poli cloruro de Vinilo)	5.00	0.30

Tabla 3.7.2.b.-. Velocidades máxima y mínima permisibles en tuberías. Estos valores son indicativos, el proyectista deberá de verificarlos en cualquier caso de acuerdo con las condiciones del canal por calcular.

Por otro lado, para tuberías que funcionarán a tubo parcialmente lleno o bien sistemas de conducción de canales se usara la expresión siguiente:

$$V = \frac{(Rh^{2/3} S^{1/2})}{n}$$

Donde:

- $V$  Velocidad del flujo en el canal en m/s
- $Rh$  ó  $r$  Radio hidráulico en m
- $S$  Pendiente de fricción
- $n$  Coeficiente de rugosidad



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



El cálculo del radio hidráulico, para el caso de una tubería circular parcialmente llena se da con las siguientes fórmulas:

Sección Círculo		Área A	Perímetro Mojado P
		$\frac{1}{8} (\theta - \text{sen } \theta) d_0^2$	$\frac{1}{2} \theta d_0$
Radio hidráulico r	Ancho superficial T	Profundidad hidráulica D	Factor de sección z
$\frac{1}{4} \left( 1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta} \right) d_0$	$(\text{sen } \frac{1}{2} \theta) d_0$ ó $2 \sqrt{y(d_0 - y)}$	$\frac{1}{8} \left( \frac{\theta - \text{sen } \theta}{\text{sen } \frac{1}{2} \theta} \right) d_0$	$\frac{\sqrt{2}}{32} \frac{(\theta - \text{sen } \theta)^{1.5}}{(\text{sen } \frac{1}{2} \theta)^{0.5}} d_0^{2.5}$

Tabla 3.7.2.c.- Cálculo de características geométricas en tuberías que funcionan parcialmente llenas.

Para el cálculo de las velocidades en las tuberías se supone un diámetro comercial de la tubería que se proyecte utilizar, considerando que el diámetro mínimo de las tuberías para el alcantarillado pluvial debe ser de 30 cm (12 pulgadas).



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



En este caso, los rangos a considerar para el diseño de una tubería que funcionará a tubo parcialmente lleno, son los siguientes:

Material	n	V Máxima agua limpia	V Máxima agua que transporta limos coloidales	V Mínima
Arena fina coloidal	0.020	0.45	0.75	0.30
Marga arenosa no coloidal	0.020	0.50	0.75	0.30
Marga limosa no coloidal	0.020	0.60	0.90	0.30
Limos aluviales no coloidales	0.020	0.60	1.05	0.30
Marga firme ordinaria	0.020	0.75	1.05	0.30
Ceniza volcánica	0.020	0.75	1.05	0.30
Arcilla rígida muy coloidal	0.025	1.15	1.50	0.30
Limos aluviales coloidales	0.025	1.15	1.50	0.30
Esquistos y subsuelos de arcilla dura	0.025	1.80	1.80	0.30
Grava fina	0.020	0.75	1.50	0.30
Marga graduada a cantos rodados, no coloidales	0.030	1.15	1.50	0.30
Limos graduados a cantos rodados coloidales	0.030	1.20	1.65	0.30
Grava gruesa no coloidal	0.025	1.20	1.80	0.30
Cantos rodados y ripio de cantera	0.035	1.50	1.65	0.30
Mampostería junteada	0.018 a 0.025	2.50	3.00	0.30
Concreto	0.014 a 0.020	3.00	3.50	0.30

Tabla 3.7.2.d. Velocidades máxima y mínima permisibles en tuberías. Estos valores son indicativos, el proyectista deberá de verificarlos en cualquier caso de acuerdo con las condiciones del canal por calcular.

Para los canales al igual que en las tuberías se deben de revisar la velocidad máxima y mínima de circulación, con objeto de poder controlar la sedimentación y erosión respectivamente. La velocidad se calcula con la formula:

$$V = (r^{2/3} \times S^{1/2}) / n$$

donde:

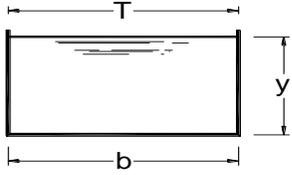
- V Velocidad del flujo en el canal en; m/seg.
- r Radio hidráulico (a / p ) en
- S Pérdida de carga unitaria h/L (m/m)
- n Coeficiente de rugosidad (ver tabla)

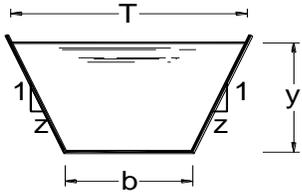


GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



A continuación se dan las principales características para tres de las principales formas usadas en canales.

Sección Rectángulo		Área A	Perímetro Mojado P
		$by$	$b + 2y$
Radio hidráulico r	Ancho superficial T	Profundidad hidráulica D	Factor de sección z
$\frac{by}{b + 2y}$	$b$	$y$	$by^{1.5}$

Sección Trapecio		Área A	Perímetro Mojado P
		$(b + zy) y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$
Radio hidráulico r	Ancho superficial T	Profundidad hidráulica D	Factor de sección z
$\frac{(b + zy) y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$	$b + 2zy$	$\frac{(b + zy) y}{b + 2zy}$	$\frac{[(b + zy) y]^{1.5}}{\sqrt{b + 2zy}}$



GOBIERNO DE SOLUCIONES



Sección Triángulo		Área A	Perímetro Mojado P
		$zy^2$	$2y\sqrt{1+z^2}$
Radio hidráulico r	Ancho superficial T	Profundidad hidráulica D	Factor de sección z
$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$	$\frac{1}{2}y$	$\frac{\sqrt{2}}{2}zy^{2.5}$

### 3.8 Conformación de la Red Pluvial

La red pluvial es el conjunto de obras que sirven para encauzar el escurrimiento superficial producto de la lluvia desde dentro del desarrollo hasta la obra receptora que defina la CEA.

La red pluvial en un desarrollo se puede formar por:

- Las vialidades para un escurrimiento superficial.
- Las tuberías para un escurrimiento oculto.
- Canal para escurrimiento superficial.
- Combinación de las tres anteriores.
- Estructuras hidráulicas complementarias.
- Cuerpo o estructura hidráulica receptora.

**Para el caso de los desarrollos de Querétaro NO se acepta que el alcantarillado pluvial se combine con el alcantarillado sanitario, debiendo tener una solución totalmente independiente.**

La solución para cada una de las condiciones anteriores se establecerá a continuación. En cualquier caso se deberá de consultar previamente a la CEA, sobre cuál debe de ser la solución más conveniente, que deberá estar en función del cuerpo u obra hidráulica receptora del alcantarillado pluvial que se determine considerando las capacidades, ubicación, características, niveles de rasante y de arrastre hidráulico.



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



**El desarrollador deberá llevar el alcantarillado pluvial hasta donde lo determine la CEA considerando como parte de su proyecto la obra aunque se realice fuera de los límites de su desarrollo.**

En caso de existir una obra hidráulica pluvial que por necesidades topográficas e hidráulicas deba de cruzar el desarrollo en análisis, el desarrollador deberá considerar la continuación de esta obra hidráulica dentro de su proyecto, debiendo de definir conjuntamente con la CEA las características y condiciones de la misma que satisfagan la continuidad del flujo pluvial y además que acepte los gastos propios del fraccionamiento en análisis.

### **3.8.1 Esgurrimiento pluvial en vialidades**

Se acepta que el escurrimiento se realice por las vialidades en las siguientes situaciones:

- Que la pendiente mínima longitudinal de las vialidades sea del 0.5%.
- Que las vialidades contemplen un bombeo transversal del 2% hacia un solo lado o para ambos lados de la vialidad.
- Que se indique en el proyecto el gasto de descarga de cada vialidad.
- Que el proyecto indique la vialidad u obra hidráulica receptora definida por la CEA, con sus características (ubicación, dimensiones, nivel de rasante, nivel de arrastre hidráulico, sentido del escurrimiento, capacidad disponible, etcétera).
- Cuando el gasto acumulado en una vialidad sea igual o mayor a **300 lps** deberán considerarse obras de captación y conducción hasta el punto de descarga que sea definido por la CEA.
- La lámina del escurrimiento superficial en una vialidad podrá considerarse una altura máxima de un tercio de la altura de la guarnición (en promedio de 6 cm).

### **3.8.2 Esgurrimiento pluvial por tuberías**

El escurrimiento pluvial por tuberías se presentará bajo las siguientes circunstancias:

- Que el escurrimiento pluvial por vialidad produzca daños al propio desarrollo o a las vialidades donde descargue.
- Que las pendientes de las vialidades sean menores al 0.5%.
- Las tuberías se deberán de ubicar en zanjas alojadas en las vialidades.
- El diámetro mínimo de la tubería de alcantarillado pluvial deberá ser de 30 cm.
- El proyecto deberá de indicar:
  - El gasto de descarga de cada red pluvial, con sus características, dimensiones, niveles de rasante y de arrastre hidráulico.
  - La obra hidráulica receptora, con sus características, dimensiones, sentido del flujo, niveles de rasante y de arrastre hidráulico.
  - Las obras hidráulicas complementarias a la red pluvial como rejillas, bocas de tormenta, cajas receptoras, lavaderos, etc.



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



### 3.8.3 Escurrimiento pluvial por canal

El escurrimiento pluvial por canal se podrá presentar en los siguientes casos:

- Que el escurrimiento pluvial por vialidad produzca daños al propio desarrollo o a las vialidades donde descargue.
- Que las pendientes de las vialidades sean menores al 0.5%.
- Los canales se deberán de ubicar en los camellones de las vialidades, o en los pasillos de servicio, debiendo contar con una sección adecuada para su construcción en campo, por lo que invariablemente del resultado del cálculo de la sección y del gasto pluvial, se considerará un ancho mínimo de 0.80 m interior libre y una altura mínima de 0.60 m, incluyendo adicionalmente el bordo libre y la protección peatonal y vehicular con un muro de altura mínima de 0.80 m.
- El proyecto deberá indicar:
  - El gasto de descarga de cada red pluvial, con sus características, dimensiones, niveles de rasante y de arrastre hidráulico.
  - La obra hidráulica receptora, con sus características, dimensiones, sentido del flujo, niveles de rasante y de arrastre hidráulico.
  - Las obras hidráulicas complementarias a la red pluvial como rejillas, bocas de tormenta, cajas receptoras, lavaderos, alcantarillas, etcétera.

### 3.8.4 Estructuras hidráulicas complementarias

Las estructuras hidráulicas complementarias a la red pluvial más usadas en los fraccionamientos son:

- **Pozos de visita**, los que se deben de utilizar en las uniones de varias tuberías, en los cambios de diámetro, de dirección y de pendiente. Los pozos de visita deberán de cumplir las mismas especificaciones de los pozos de alcantarillado sanitario.
- **Coladeras de banqueteta y rejillas de piso**, las cuales están apoyadas sobre un registro que se conecta a la tubería pluvial.
- **Bocas de tormenta**, formadas por un registro rectangular de longitud mayor a 1.00 m, normalmente colocadas perpendiculares al trazo de la vialidad, con una rejilla que permite el acceso del agua pluvial, conectadas al alcantarillado pluvial.
- **Alcantarillas**, es un canal cubierto por una losa, para permitir el paso vehicular en su parte superior y el paso del agua pluvial en su parte inferior
- **Lavaderos**, es una estructura con sección abierta, de poca altura, cuya función principal es desalojar el escurrimiento superficial en rotondas, vialidades cerradas, áreas verdes, etc., así como para facilitar la incorporación de los escurrimientos a los drenes o canales pluviales.



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**



### 3.9.- Conclusiones

A continuación se describirán en forma enunciativa más no limitativa, y como recapitulación del presente capítulo, los pasos a seguir para el cálculo del alcantarillado pluvial.

- Solicitar a la Dirección de Planeación Hidráulica de la CEA la definición del cuerpo o estructura hidráulica receptor del alcantarillado pluvial, con sus características. En caso de que la CEA no le proporcione al desarrollador las características de la obra receptora, el proyectista deberá de investigarlas e informarle a la CEA para que ésta analice y autorice dicha obra como receptora.
- Determinar conjuntamente con la CEA el tipo de alcantarillado pluvial que se deberá de proyectar:
  - Superficial
  - Con tubería
  - Con canal
- Definir las diferentes áreas tributarias de escurrimiento pluvial del desarrollo y la cuenca a la que pertenece, las cuales no son las mismas que para el alcantarillado sanitario y el agua potable.  
Las áreas tributarias para el cálculo del alcantarillado pluvial están en función de la topografía propia del desarrollo, de las pendientes de las vialidades, del uso que tendrá cada zona, de la definición de parte de la CEA del cuerpo o estructura receptora.
- Determinar el gasto de proyecto de acuerdo con lo establecido en este capítulo.
- Con dicho gasto, proyectar la obra hidráulica de conducción del agua pluvial dentro del desarrollo para cada área tributaria, hasta el cuerpo o estructura hidráulica receptor: vialidad, tubería, canal, etc.
- Proyectar en caso de requerirse la estructura hidráulica necesaria para llevar el escurrimiento pluvial fuera del desarrollo en estudio hasta la obra receptora definida por la CEA.
- Proyectar en caso necesario el paso o continuación de algún cauce pluvial externo al desarrollo que por razones topográficas o hidráulicas deba cruzarlo.

#### 3.9.1.-Modelos computacionales comerciales

Estos son modelos que entre otras cosas permiten simular cantidad y calidad de agua evacuada en drenajes urbanos.

- |                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| • EPA-SWMM           | Adquisición libre     |
| • INFOWORKS          | Adquisición con costo |
| • MOUSE y MIKE URBAN | Adquisición con costo |
| • SOBEK              | Adquisición con costo |



GOBIERNO DE  
**SOLUCIONES**

