

**2. NORMATIVIDAD PARA EL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO**

Un sistema de alcantarillado está integrado por todos o por algunos de los siguientes elementos: atarjeas, colectores, interceptores, emisores, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, descarga final y obras accesorias. El destino final de las aguas servidas podrá ser desde un cuerpo receptor hasta el re-uso, dependiendo del tratamiento que se realice y las condiciones particulares de la zona de estudio.

Los desechos líquidos de un núcleo urbano, están constituidos fundamentalmente, por las aguas de abastecimiento después de haber pasado por las actividades de la población. Estos desechos líquidos, se componen esencialmente de agua, sólidos orgánicos disueltos y en suspensión.

El encauzamiento de aguas residuales evidencia la importancia de aplicar lineamientos técnicos que permitan elaborar proyectos de alcantarillado económicos, eficientes y seguros, considerando que deben ser autolimpiantes, autoventilantes e hidráulicamente herméticos.

Como en todo proyecto de ingeniería, para el sistema de alcantarillado, se deben plantear las alternativas necesarias, definiendo a nivel de esquema las obras principales que requieran cada una de ellas. Se deben considerar los aspectos constructivos y los costos de inversión para cada una de las alternativas. Se selecciona la alternativa que asegure el funcionamiento adecuado con el mínimo costo.

**2.1. DATOS PARA EL PROYECTO**

Para llevar a cabo los proyectos de Drenaje Sanitario de los fraccionamientos y condominios, se deben de conocer los siguientes datos:

<b>Tabla 2.a Datos a considerar en el diseño de proyectos de drenaje sanitario</b>		
<b>No.</b>	<b>Datos</b>	<b>Características</b>
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	<i>hab/ha</i> ó <i>hab/lote</i>
5	Población de proyecto	Habitantes (total para el desarrollo)
6	Dotación	<i>l/hab/día</i>
7	% de Dotación	%
8	Gasto de aportación de aguas negras	<i>l/s</i>
9	Gasto medio diario	<i>l/s</i>
10	Gasto mínimo	<i>l/s</i>
11	No. de Harmon	<i>M</i>
12	Coeficiente de seguridad	<i>1.5</i>
13	Gasto máximo instantáneo	<i>l/s.</i>
14	Gasto máximo extraordinario	<i>l/s.</i>

## 2.- NORMATIVIDAD PARA EL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO

15	Velocidad máxima	<i>m/s</i>
16	Velocidad mínima	<i>m/s</i>
17	Tipo de tubería a emplear	Material, características
18	Coeficiente de rugosidad de la tubería	Función del material de la tubería
19	Punto de descarga definido por la C.E.A.	Ubicación, diámetro, cota de la rasante, cota de arrastre hidráulico

### 2.2. POBLACIÓN

La población de proyecto deberá ser la cantidad total que tendrá el fraccionamiento al 100% de su capacidad aunque el desarrollo se realice por etapas.

Para el caso de los fraccionamientos habitacionales, el número total de habitantes por servir será el producto de multiplicar el número de lotes por la cantidad de habitantes por lote, en la ciudad de Querétaro y su zona Conurbada se deberán de considerar 5 habitantes por lote.

Cálculo de la población para fraccionamientos habitacionales:

$$\text{No de lotes} \times 5 \text{ habitantes por lote} = \text{número total de habitantes}$$

### 2.3. DOTACIÓN DE AGUA POTABLE

La dotación es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas que existen en cualquier sistema de distribución, su unidad es en *l/hab /día*.

Para el caso de la ciudad de Querétaro y su zona Conurbada la C.E.A. ha definido los siguientes valores para la dotación de agua potable para diferentes giros:

Tabla 2.b Dotación de Agua Potable para diferentes giros		
Giros	Tipos	Dotación
Habitacional	Doméstico	200 <i>l/hab/día</i>
	Doméstico (Administraciones)	150 <i>l/hab/día</i>
Comercial	Si cuentan con baño en cada local (cualquier superficie)	10 <i>l/m2/día</i>
Espacios abiertos ó Áreas de donación		5 <i>l/m<sup>2</sup>/día</i>

### 2.4. APORTACIÓN DE DRENAJE SANITARIO

Se establece el criterio de valorar el gasto de aportación de drenaje sanitario como un porcentaje del gasto de consumo de agua potable.

Para los fraccionamientos de Querétaro se establece el 80% de la dotación de agua potable, considerando que el 20% se consume o se pierde en el riego de áreas verdes y pérdidas en tubería.

$$Q_{AN} = 80 \% Q_{med APOT} \text{ (l/hab /día)}$$

### 2.5. GASTOS DE DISEÑO PARA DRENAJE SANITARIO

#### 2.5.1. Gasto medio

Es el valor del caudal de aguas residuales en un día de aportación promedio al año. Considerando que el drenaje sanitario deba de ser hermético y que en el caso de la ciudad de Querétaro no se tiene la presencia de aguas freáticas, no se adicionará a este caudal el volumen de infiltraciones.

El gasto medio de aportaciones se calcula con:

$$Q_{med AN} = Q_{AN} = \frac{AP \times P}{86400}$$

donde:

$Q_{med AN}$  Gasto medio de aguas negras en  $l/seg$ .

$AP$  Aportación de aguas negras en  $l/hab /día$  (% del consumo de agua).

$P$  Población en número de habitantes.

86,400 Segundos al día.

#### 2.5.2. Gasto mínimo

El gasto mínimo  $Q_{min}$  es el menor volumen de escurrimiento que se presenta y se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_{min} = 0.50 Q_{med AN}$$

El gasto mínimo corresponde a la descarga de un excusado de 6 litros, dando un gasto de 1.0  $l/seg$ . Este será el gasto mínimo al inicio de una atarjea.

Con este gasto se revisa la velocidad mínima (ver tabla 2.c), la cual no debe ser menor a 0.30  $m/s$ , empezando con el diámetro mínimo permisible de 30cm.

#### 2.5.3. Gasto máximo instantáneo

El gasto máximo instantáneo es el valor máximo de escurrimiento que se puede presentar en un instante dado.

Se obtiene a partir del coeficiente de Harmon (M):

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P_m}}$$

donde:

$M$  Coeficiente de Harmon o de variación instantánea.

$P_m$  Población en miles de habitantes.

El gasto máximo instantáneo se calcula con:

$$Q_{minst} = M \times Q_{med AN}$$

donde:

$Q_{minst}$  Gasto máximo instantáneo en  $l/s$ .

$M$  Coeficiente de Harmon o de variación instantánea.

$Q_{med AN}$  Gasto medio de aguas negras en  $l/s$ .

**2.5.4. Gasto máximo extraordinario**

Es el caudal de aguas residuales que considera aportaciones de agua que no forman parte de las descargas normales, como por ejemplo: escurrimientos de aguas pluviales de bajadas de azoteas, patios o las provocadas por un crecimiento demográfico explosivo no considerado.

En función de éste gasto se determina el diámetro de las tuberías, ya que brinda un margen de seguridad para prever los excesos en las aportaciones que pueda recibir la red de drenaje sanitario y se revisa la velocidad máxima comparándola con la permitida según la tabla de velocidades.

Para el caso de los fraccionamientos de Querétaro y la zona Conurbada, se determina como coeficiente de seguridad 1.5, obteniendo la siguiente fórmula:

$$Q_{mext} = 1.5 \times Q_{minst}$$

donde:

$Q_{mext}$  Gasto máximo extraordinario en l/s.

1.5 Valor del coeficiente de seguridad.

$Q_{minst}$  Gasto máximo instantáneo en l/s.

**2.6. VELOCIDADES MÁXIMA Y MÍNIMA PERMISIBLES**

**2.6.1. Velocidad mínima**

Con objeto de que no se presenten depósitos o sedimentos en las tuberías de drenaje sanitario, se establece como velocidad mínima  $V_{min} = 0.30 \text{ m/s}$  para el gasto mínimo de  $1 \text{ l/s}$ .

**2.6.2. Velocidad máxima**

Para evitar las erosiones o desgastes excesivos en las tuberías y estructuras de drenaje sanitario se establece como velocidad máxima la que se obtenga con el cálculo del diámetro de tubería empleando el gasto máximo extraordinario  $Q_{mext}$ , no excediendo los valores de la siguiente tabla en función del tipo de material de la tubería.

<b>Tabla 2.c Velocidad máxima y mínima permisible en tuberías</b>		
<b>Material de la tubería</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>	
	<b>Mínima</b>	<b>Máxima</b>
Concreto simple hasta 45cm de diámetro	0.30	3.00
Concreto reforzado a partir de 60cm de diámetro	0.30	3.50
Acero con revestimiento	0.30	5.00
Acero sin revestimiento		
Acero galvanizado		
Asbesto cemento		
Fierro fundido		
Hierro dúctil		
PEAD (Polietileno de Alta Densidad)		
PVC (Policloruro de Vinilo)		

Para el caso de pendientes fuertes, será necesario hacer escalonamientos en el perfil de la línea de drenaje, utilizando para este caso tuberías que no sean afectadas por el sulfuro de hidrógeno que se produce en las caídas libres.

## 2.- NORMATIVIDAD PARA EL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO

La velocidad en las tuberías llenas, se calcula con la siguiente fórmula de Manning:

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

donde:

- V Velocidad media del flujo en  $m/s$ .
- r Radio hidráulico total de la tubería.
- S Pendiente  $h/L$  ( $m/m$ ).
- $\eta$  Coeficiente de rugosidad (ver tabla 2.d).

Para el caso de de tuberías parcialmente llenas, la formula anterior se convierte en:

$$V = \frac{(r_h^{2/3} \times S^{1/2})}{\eta}$$

donde:

- V Velocidad media del flujo en  $m/s$ .
- $r_h$  Radio hidráulico de la tubería parcial.  $r_h = A/P_m$ .
- A Área transversal del flujo en  $m^2$
- $P_m$  Perímetro mojado en  $m$ .
- S Pendiente  $h/L$  ( $m/m$ ).
- $\eta$  Coeficiente de rugosidad (ver tabla 2.d)

Tabla 2.d Coeficiente de rugosidad $\eta$ para las fórmulas de Manning	
Material	$\eta$
PVC y Polietileno de alta densidad	0.009
Asbesto Cemento	0.010
Hierro fundido dúctil (nuevo)	0.013
Hierro fundido dúctil (usado)	0.017
Concreto liso	0.012
Concreto rugoso	0.016
Mampostería con mortero de cemento	0.020
Acero soldado con revestimiento interior basado en epoxi / hierro fundido dúctil con recubrimiento interno de mortero acabado fino	0.011
Acero sin revestimiento	0.014
Acero galvanizado nuevo o usado	0.014

### 2.7. SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO

El sistema de drenaje sanitario sirve para el desalojo de las aguas negras que produce una población, incluyendo a la industria y el comercio.

Está constituido por una serie de tuberías por las que circulan las aguas negras. El ingreso del caudal al sistema es paulatino acumulándose a lo largo de la tubería, dando lugar a incrementos en los diámetros de la red, no permitiéndose la reducción de los mismos.

## **2.- NORMATIVIDAD PARA EL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO**

---

El sistema de drenaje sanitario está integrado por:

- Albañales
- Atarjeas
- Colectores
- Interceptores
- Emisores
- Plantas de tratamiento
- Estaciones de bombeo
- Descarga final o cuerpo receptor.
- Estructuras complementarias (pozos de visita, registros, cajas).

Las aguas residuales están constituidas por las aguas del abastecimiento después de haber pasado por diversas actividades de la población. Estos desechos líquidos se componen fundamentalmente de agua, sólidos orgánicos disueltos y en suspensión.

La Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996 establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

El sistema de drenaje sanitario debe de ser: autolimpiante, autoventilante e hidráulicamente hermético.

Para el caso de los fraccionamientos, el proyecto debe de considerar el total de los servicios y el total de la población que se establecerá en cada desarrollo en estudio, aunque el mismo se lleve por etapas.

Para el caso de la ciudad de Querétaro y la zona Conurbada el drenaje sanitario deberá de calcularse por separado del drenaje pluvial.

- **Albañal.-** Es la tubería que con el registro forma la descarga domiciliaria y conecta la salida sanitaria de una edificación al sistema de drenaje en la atarjea.
- **Atarjea.-** Es la tubería que recibe las descargas sanitarias de los albañales y los conduce hasta los colectores o emisores.
- **Colector.-** Es la tubería que recibe las aguas de las atarjeas, para conducir las hacia un interceptor, un emisor o la planta de tratamiento.
- **Interceptor.-** Es la tubería que recibe el agua residual exclusivamente de los colectores o interceptores y termina en un emisor o en la planta de tratamiento.
- **Emisor.-** Es el conducto que recibe las aguas de un colector o de un interceptor. No recibe ninguna aportación adicional en su recorrido y su función es conducir el agua negra hacia la planta de tratamiento y de esta hacia el cuerpo receptor

### **2.8. CRITERIO DE CÁLCULO**

- Se requiere contar con el proyecto de rasantes y el perfil de las vialidades del fraccionamiento.
- El proyecto de la lotificación del fraccionamiento.
- Tener determinado por la C.E.A. el punto de conexión y sus características.
- Conocer el proyecto de los otros servicios con su ubicación y profundidad.
- Definir las características y material de la tubería a emplear.
- Hacer un primer trazo de las atarjeas.

## 2.- NORMATIVIDAD PARA EL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO

- En base a las profundidades de los otros servicios establecer las profundidades del drenaje sanitario que junto con el drenaje pluvial y la red de agua tratada, son los más profundos.
- Establecer las pendientes de las atarjeas de acuerdo a la topografía del terreno, a las profundidades de los otros servicios, a los colchones mínimos de protección de las tuberías y el tipo de material del terreno donde se realizarán las zanjas.
- Se ubicarán y numerarán consecutivamente los pozos de visita localizándolos en:
  - Inicio de atarjea.
  - Cada intersección de tuberías.
  - Cada cambio de pendiente.
  - Cada cambio de diámetro.
  - Cada cambio de dirección.
  - En tramos rectos a distancias no mayores de 60.00m.
- Con lo anterior se puede hacer una primera alternativa de profundidades y pendientes de las atarjeas.
- Calcular los diferentes gastos totales del fraccionamiento.
- En base a los gastos totales anteriores se obtendrán los gastos parciales para cada tramo en forma proporcional a la longitud de la atarjea en estudio o al número de descargas que recibe el tramo, acumulando los gastos de cada atarjea para la siguiente.
- Los gastos utilizados para el cálculo de las atarjeas son:
  - Gasto mínimo.
  - Gasto máximo extraordinario.
- Obtenidos en forma proporcional a la longitud propia del tramo en estudio, relacionado con la longitud total de la red

$$Q_{min} \text{ del tramo } 1 - 2 = \frac{Q_{min} \times (\text{longitud propia del tramo } 1 - 2 + \text{longitud acumulada})}{\text{longitud total de la red del fraccionamiento}}$$

$$Q_{mext} \text{ del tramo } 1 - 2 = \frac{Q_{mext} \times (\text{longitud propia del tramo } 1 - 2 + \text{longitud acumulada})}{\text{longitud total de la red del fraccionamiento}}$$

O bien en base al número de descargas que recibe cada tramo de atarjea:

$$Q_{min} \text{ del tramo } 1 - 2 = \frac{Q_{min} \times (\text{No. de descargas del tramo } 1 - 2 + \text{descargas acumuladas})}{\text{No. total de decargas del fraccionamiento}}$$

$$Q_{mext} \text{ del tramo } 1 - 2 = \frac{Q_{mext} \times (\text{No. de descargas del tramo } 1 - 2 + \text{desc. acumuladas})}{\text{No. total de decargas del fraccionamiento}}$$

- Con el gasto mínimo se verifica la velocidad mínima del tramo, debiendo ser igual o superior a la mínima especificada en la tabla 2.c de velocidades máximas y mínimas permitidas.
- Con el gasto máximo extraordinario se verifica la velocidad máxima del tramo, debiendo ser igual o menor a la especificada en la tabla 2.c de velocidades máximas y mínimas permitidas.
- Las velocidades mínima y máxima se verifican con la formula:

$$V = \frac{(r_h^{2/3} \times S^{1/2})}{\eta}$$

donde:

El radio hidráulico será para el gasto mínimo o el gasto máximo, según el caso.

- Considerando que el diámetro mínimo de la atarjea debe ser 30cm, se revisan las velocidades reales mínima y máxima en forma inicial para éste diámetro, con las pendientes determinadas en la primera alternativa.
- En caso de no cumplirse las velocidades mínima y máxima, se deberán de modificar las pendientes en primer término y de ser necesario el diámetro de la atarjea.

## **2.- NORMATIVIDAD PARA EL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO**

---

- Una vez verificadas y aprobadas las velocidades mínima y máxima, así como el diámetro de la tubería, se obtendrán las cotas del nivel de rasante y del arrastre hidráulico para cada pozo de visita, para cada registro sanitario y para cada caja de drenaje, así como la longitud del tramo y la pendiente en milésimas.

Para el caso del cálculo de un colector o interceptor se procede de igual manera al cálculo de las atarjeas.

### **2.9. COMENTARIOS ADICIONALES PARA LOS PROYECTOS DE DRENAJE SANITARIO**

- El diámetro mínimo de la atarjea debe ser de 30 cm.
- El diámetro de la descarga domiciliaria debe ser mínimo de 15 cm.
- Deberá de hacerse un análisis de los niveles entre las diferentes instalaciones subterráneas.
- En los pozos de visita no se permitirá ninguna instalación diferente al drenaje sanitario.
- La tubería a emplearse en el drenaje sanitario tanto para la red como para las descargas domiciliarias se sugiere sea de P.V.C. con unión espiga-campana de pared sólida con empaque fijo en la campana o estructurada con rigidez estructural de  $3.2 \text{ kg/cm}^2$  al aplastamiento y PEAD (polietileno de alta densidad) pared sólida RD-32.5.
- Deberá de proyectarse primeramente el drenaje sanitario, definiendo sus niveles de colocación, tanto en atarjeas como en descargas domiciliarias, profundizándolos lo necesario para respetar los colchones, profundidades y separaciones con la red de agua potable.
- Deberá de cumplirse con todo lo definido en el presente manual.

### **2.10. OBRAS COMPLEMENTARIAS**

#### **2.10.1. Pozos de visita**

Los pozos de visita son estructuras que permiten la inspección y limpieza de las redes sanitarias. Se utilizan en: la unión de varias tuberías, en los cambios de diámetro, de dirección y de pendiente.

Los pozos de visita se clasifican en: pozos comunes, pozos especiales y pozos de caja.

#### **2.10.2. Pozos comunes y especiales**

Los pozos comunes, tienen forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior, en el piso del pozo se construye una “media caña” que es la prolongación de la tubería dentro del pozo y mesetas laterales a los costados de la media caña.

Debe de tener una escalera de acceso, a base de escalones empotrados a la pared del pozo, deben de contar con una tapa en la entrada de la chimenea que permita su ventilación y acceso al pozo.

Los pozos comunes tienen un diámetro interior en la parte superior de 60cm y en la parte inferior de 1.20 m y se utilizan para tuberías con diámetro de hasta 61cm. Los pozos especiales tienen un diámetro interior en la parte superior de 60cm y en la parte inferior 1.50m de diámetro para tuberías con diámetros de 0.76m a 1.07m y de 2.00m de diámetro interior en la parte inferior para tuberías con diámetros de 1.22m y mayores.

#### **2.10.3. Pozos caja**

Son estructuras de sección rectangular o poligonal de concreto, con una chimenea similar a la de los pozos de visita para su acceso. Se utilizan en las uniones de dos o más conductos con diámetros de 76cm y mayores a los que se unen tuberías de 38cm y mayores.

#### **2.10.4. Pozos de caída adosada**

Son pozos comunes o especiales a los cuales se les construye lateralmente una estructura que permite la caída en tuberías de 30cm de diámetro con un desnivel de hasta 2.00m.

### 2.10.5. Pozos con caída libre

La caída libre del flujo de agua negra dentro del pozo de visita, se permite hasta una altura de 60cm sin la necesidad de utilizar alguna estructura especial.

Si la diferencia de nivel entre las plantillas de las tuberías es mayor a los 60cm será necesario incrementar el número de pozos a la separación que permita cumplir con la caída libre máxima especificada.

### 2.10.6. Separación máxima entre pozos de visita

La separación máxima entre pozos de visita que no presentan cambio de dirección, pendiente o diámetro de tubería, es decir, en tramos rectos donde se requieran para realizar la inspección y acceso a las tuberías debe ser la indicada en la siguiente tabla:

Tabla 2.e Separaciones máximas entre pozos de visita.	
Diámetro de las tuberías	Separación máxima de pozos de visita
De 30cm a 61cm	60.00m
De 76cm a 122cm	125.00m