

ADMINISTRACION NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS  
ANDA

NORMATIVA PARA PROYECTOS DE ALCANTARILLADO  
CONDOMINIAL



Agosto de 2014

1.	Objetivo .....	1
2.	Campo de Aplicación .....	1
3.	Sistemas de Alcantarillado Sanitario.....	1
3.1	Sistema Convencional de Alcantarillado Sanitario.....	1
3.2	Sistemas No Convencionales de Alcantarillado Sanitario.....	1
3.2.1	Sistema condominial de alcantarillado .....	1
3.3	Consideraciones generales para los sistemas de alcantarillado Condominial .....	2
3.4	Consideraciones Especiales para los Sistemas de Alcantarillado Condominial.....	2
4.	Parámetros de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario condominial .....	3
4.1	Período de diseño .....	3
4.2	Población .....	3
4.3	Dotaciones y coeficiente de retorno .....	3
4.4	Caudal Medio de aguas residuales .....	4
4.5	Variaciones de Caudal .....	4
4.6	Caudal de diseño de aguas residuales.....	4
4.7	Diámetro de los colectores.....	4
4.8	Ubicación de los colectores.....	5
4.9	Profundidad de los colectores .....	5
4.10	Componentes del sistema.....	5
4.10.1	Acometida Domiciliar .....	5
4.10.2	Obras para interconexión, mantenimiento o inspección.....	5
4.10.2.1	Ramal Condominial.....	6
4.10.3	Trampa de grasa y aceites .....	6
4.10.4	Materiales.....	6
4.10.5	Instalación de la tubería.....	6
5.	Parámetros hidráulicos de diseño .....	7
5.1	Radio Hidráulico.....	7
5.2	Velocidad .....	7
5.3	Caudal .....	8
5.4	Tirante de agua .....	8
5.5	Tensión Tractiva.....	8
5.6	Pendiente mínima .....	9
5.7	Pendiente máxima admisible.....	9
6.	Anexos .....	9

## NORMATIVA PARA PROYECTOS DE ALCANTARILLADO CONDOMINIAL

### **1. Objetivo**

El objetivo de la presente normativa es el proveer una alternativa para el diseño y construcción de redes de alcantarillado sanitario, con la cual se disminuyen los costos de construcción.

### **2. Campo de Aplicación**

El modelo de diseño condominial, será aplicado solamente previa autorización de la ANDA.

### **3. Sistemas de Alcantarillado Sanitario**

Los sistemas para la recolección y transporte de las aguas residuales se dividen en Sistema Convencional y Sistemas No Convencionales.

#### **3.1 Sistema Convencional de Alcantarillado Sanitario**

El sistema convencional es aquel que está constituido por redes colectoras que se ubican en calles o avenidas y cuenta con pozos de visita en los casos de cambio de pendiente del colector, cambio de dirección, cambio de material del colector, cambio de diámetro, punto de intercepción de dos o más colectores, cada cien metros y al inicio del colector. Para el sistema convencional, el diámetro mínimo es de 200mm (8") y se deberá cumplir con lo relacionado al alcantarillado de las Normas Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillados de Aguas Negras de ANDA.

#### **3.2 Sistemas No Convencionales de Alcantarillado Sanitario**

Los sistemas de alcantarillado sanitario no convencional, son sistemas basados en consideraciones de diseño hidráulico, diámetros mínimos, profundidad de instalación, y accesorios de conexión, entre otros, que permiten el disminuir los costos de construcción, operación y mantenimiento.

Los sistemas no convencionales son:

- Sistema de Alcantarillado sin arrastre de sólidos
- Sistema Simplificado de Alcantarillado
- Sistema Condominial de Alcantarillado

##### **3.2.1 Sistema condominial de alcantarillado**

El modelo condominial de alcantarillado sanitario, es un sistema que recolecta las aguas residuales generadas por un conjunto de viviendas mediante un ramal condominial, el cual descarga a la red de alcantarillado sanitario convencional. Las tuberías podrán ser instaladas en la parte interna (con el respectivo permiso de los propietarios) o externa de

los lotes, siguiendo el recorrido más favorable de acuerdo a la topografía del terreno, uniendo entre si las instalaciones de cada vivienda.

Por lo general cada ramal recolecta las aguas de las viviendas ubicadas en un polígono o block.

La operación y mantenimiento del ramal condominial será responsabilidad de la ANDA en los casos en los cuales el ramal se ubique en áreas de acceso público (aceras, pasajes, etc.). En los casos que se ubiquen en la parte interna de los lotes o viviendas, si no se constituye la servidumbre respectiva, la operación y mantenimiento del ramal es responsabilidad de los habitantes de las viviendas que aportan al ramal.

Al conjunto de viviendas o lotes que funcionan como una unidad de servicio, se le llama condominio y se define como el grupo de lotes o viviendas que son atendidas por una red o tubería condominial. Cada grupo de viviendas que drena a la red condominial es visto como la proyección horizontal de un edificio.

El efluente del sistema o cada ramal condominial, deberá incorporarse al sistema convencional de alcantarillado sanitario o a una planta de tratamiento previo a su descarga en un cuerpo receptor.

### **3.3 Consideraciones generales para los sistemas de alcantarillado Condominial**

Para el diseño y ejecución del proyecto de alcantarillado sanitario de tipo condominial, los estudios básicos se deberán realizar en el área donde se desarrollará el proyecto y deberán contar con la participación y aceptación de la población a beneficiarse con la introducción del servicio. Las organizaciones que apoyen el proyecto e instituciones involucradas con proyecto deberán también participar en la elaboración de los estudios del proyecto, los cuales comprenderán entre otros, los ámbitos técnicos, sociales, económicos, culturales y ambientales.

Una vez el proyecto comience a funcionar, se deberá trabajar en la organización y concientización de la población usuaria para garantizar su participación plena en las actividades de operación y mantenimiento del sistema, así como en el uso apropiado y cuidado de la red.

### **3.4 Consideraciones Especiales para los Sistemas de Alcantarillado Condominial**

En los casos en los cuales se proyecte la instalación de colectores de alcantarillado sanitario dentro de propiedad privada, los beneficiarios deberán de establecer un acuerdo que permita realizar las intervenciones de operación y mantenimiento necesarias en forma ágil y oportuna, a lo largo del período de funcionamiento de la red. El propietario del inmueble afectado por el paso del ramal condominial, deberá tener conocimiento de la existencia de la tubería dentro de su terreno y de la obligación de permitir el ingreso del personal técnico necesario para las operaciones de mantenimiento.

Previo al inicio del proyecto, cada uno de los beneficiarios con un proyecto de introducción de aguas residuales, deberá firmar una carta compromiso en la cual se deberá plasmar la

aceptación de la obligación de participar en la operación y mantenimiento del sistema y permitir el acceso al área donde se ubica el ramal dentro de su propiedad.

Se deberá garantizar la participación de los usuarios del sistema desde el momento de concepción en las etapas subsiguientes del proyecto de introducción del servicio de alcantarillado sanitario.

#### **4. Parámetros de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario condominial**

Durante la etapa de diseño, es necesario definir el periodo de diseño, calcular el caudal de diseño en base a valores de dotación y población actual y futura, el tirante de agua correspondiente al caudal, tensión tractiva del tramo, pendiente, diámetro del colector, etc.

##### **4.1 Período de diseño**

El período de diseño, permite definir el tamaño del proyecto en base a la población que hará uso del sistema al final de un período de tiempo determinado. El periodo de diseño mínimo será de 20 años

##### **4.2 Población**

Se realizará el estudio de la población beneficiaria y se estimará en base a datos estadísticos, la población actual, población al arranque del proyecto y la población futura o final que se beneficiará del proyecto.

Para la proyección de la población, se podrá ocupar el método de proyección de población aritmético, geométrico, exponencial o curva logística.

Para la estimación de la población, al inicio y al final del proyecto, se realizarán dos estudio, el primero en el cual se estima la población en base a una población de saturación, considerando el uso total del suelo, de acuerdo a la densidad poblacional que brindan los estudios de usos de suelo y planes de desarrollo urbano. Y el segundo en base a las estadísticas de crecimiento población en función del tiempo. Para la selección del valor de la población del proyecto, se realizará una comparación de ambos resultados y se seleccionará el más adecuado en base a criterios técnicos.

##### **4.3 Dotaciones y coeficiente de retorno**

Los datos de aporte de aguas residuales se basan en el volumen de agua que una persona consume por día (dotación), razón por la cual, se definirá la dotación de agua que se asignará a cada habitante.

El aporte de aguas residuales, será calculado como la dotación de agua potable, afectada por un coeficiente de retorno. La dotación mínima a utilizar será de 80 l/hab-d. La dotación máxima a utilizar será de 125 l/h-d

El coeficiente de retorno será de 0.8

Los valores de dotación mínima y máxima, serán utilizados solamente para el cálculo del caudal de aguas negras.

#### 4.4 Caudal Medio de aguas residuales

El caudal medio de aguas residuales en litros por segundo, se calculará con la siguiente formula:

$$Q_{med} = \frac{0.8 \times pob \times dot}{86400}$$

Donde:

- $Q_{med}$  es el caudal medio de aguas residuales
- $pob$  población a beneficiar en habitantes
- $dot$  es la dotación de agua potable en litros por habitante día

#### 4.5 Variaciones de Caudal

Para el cálculo del caudal máximo diario, horario y mínimo de aguas residuales, se utilizarán los siguientes coeficientes:

- Máximo diario ( $K_1$ ): de 1.2 a 1.5 el caudal medio
- Máximo horario ( $k_2$ ): de 1.8 a 2.4 el caudal medio
- Mínimo horario ( $k_3$ ): de 0.1 a 0.3 el caudal medio

#### 4.6 Caudal de diseño de aguas residuales

El caudal de diseño de las tuberías, deberá considerar los siguientes caudales:

- Caudal máximo horario  $Q_{mh}$ , el cual es el producto del  $Q_{med}$  multiplicado por el factor  $k_2$
- Caudal por infiltración  $Q_i$ , el cual se estimará en 0.1l/s por kilómetro de tubería
- Caudal  $Q_c$  generado en industrias y comercios ubicados en el área del proyecto
- Caudal por conexiones erradas  $Q_e$  el cual se estimará como un 10% del  $Q_{mh}$

Tomando en consideración los caudales anteriores, el caudal de diseño será:

$$Q_D = 1.1k_1Q_{mh} + Q_c + Q_i$$

El caudal mínimo de diseño será 1.5 l/s

#### 4.7 Diámetro de los colectores.

Para la selección del diámetro y pendiente del colector, se podrá utilizar el principio de Tensión Tractiva o el de velocidad mínima real dentro del colector.

Si se aplica el principio de tensión tractiva, cada tramo de colector, deberá ser verificado para un valor mínimo de Tensión Tractiva ( $\tau$ ) de 1 pascal (Pa). En tramos iniciales el valor de  $\tau$  será de 0.60Pa para el caudal al momento de puesta en marcha del proyecto, al final del periodo de diseño, deberá cumplir con el valor mínimo de 1 Pascal.

Si se aplica el principio de velocidad mínima, el valor de la velocidad mínima real deberá ser 0.50m/s

El diámetro mínimo de los colectores será de 100mm (4").

## **4.8 Ubicación de los colectores.**

Los colectores se colocarán en las aceras o pasajes peatonales. En lo posible, los colectores deberán instalarse siguiendo la topografía del terreno y haciendo uso de la menor longitud de tubería, esto con el objeto de disminuir el volumen de terracería. En los casos en los cuales por la topografía del terreno no sea posible la conexión de las viviendas al colector en la acera, se deberá considerar su instalación en la parte interna de los lotes.

En base a lo anterior en proyectos de alcantarillado condominial, se tendrán cuatro opciones para la instalación de la tubería:

- a) Ramal por las aceras
- b) Ramal en la parte interna de la propiedad
- c) Ramal al frente de los lotes (dentro de la propiedad)
- d) Ramal mixto, el cual los colectores se ubican tanto en la parte interna de la propiedad como fuera de la misma

Con el objeto de disminuir las profundidades de los colectores, se deberán definir subcuencas de drenaje independientes, las cuales se conectarán a un sistema de alcantarillado convencional.

## **4.9 Profundidad de los colectores**

La profundidad mínima dentro de los lotes y aceras, será de 0.30m medidos a la corona del tubo y 0.60m en áreas fuera del lote, esto en zonas con tráfico vehicular liviano. Para zonas con tráfico vehicular pesado, se deberá atender lo especificado para el sistema convencional

## **4.10 Componentes del sistema**

### **4.10.1 Acometida Domiciliar**

En el sistema condominial, la tubería de la vivienda, se conectará a la red de recolección mediante una acometida domiciliar, la cual tendrá un diámetro mínimo de  $\varnothing 75\text{mm}$  (3"). La conexión a la red recolectora se realizará mediante accesorios, pudiendo descargar una o dos acometidas según se muestra en anexos 6.5 y 6.6

### **4.10.2 Obras para interconexión, mantenimiento o inspección**

La interconexión de dos o más ramales con profundidades menores a 1.20m, en zonas sin tráfico vehicular se realizará mediante una caja de inspección, según se muestra en los anexos 6.7 y 6.8. Para profundidades mayores a 1.20m, la interconexión se realizará mediante pozos de visita convencionales.

Además, se colocarán cajas de inspección, en las mismas condicionantes que para el sistema convencional:

- Para el cambio de dirección
- Cambio de diámetro
- Cada cien metros
- Cambio de material
- Cambio de pendiente

- Interconexión de dos o más colectores o ramales
- En puntos donde se tengan caídas.

Para los casos anteriores, cuando la profundidad sea mayor a 1.20m se deberá construir un pozo de visita convencional.

Con el objeto de evitar el remanso, la pendiente de la media caña de las cajas y pozos de inspección deberá ser similar o mayor a la pendiente mayor de los tramos de colector que convergen en ella.

Al inicio de un tramo inicial de un colector, se podrá colocar un dispositivo para inspección o limpieza, según se muestra en anexo 6.9.

#### **4.10.2.1 Ramal Condominial**

La interconexión de los distintos tramos de colector condominial, se realizará mediante cajas, según se muestra en los anexos 6.7 y 6.8. Se recomienda la instalación de accesorios para limpieza en puntos accesibles de la red y al inicio del tramo condominial, según se muestra en anexo 6.9.

Se deberán utilizar cajas de inspección en puntos accesibles de la red, separadas a una distancia máxima de 50m entre si y en cambios de dirección mayor o igual a 45 grados, para deflexiones menores, se podrán utilizar curvas o accesorios

#### **4.10.3 Trampa de grasa y aceites**

En caso de la existencia o se proyecte la construcción de puntos en los cuales se descarguen aceites y grasas fuera de los límites establecidos por la Norma de Descarga a la Red de Alcantarillado, se deberá construir una trampa de grasas, la cual deberá tener el volumen útil necesario para evitar el ingreso de estos a la red recolectora.

#### **4.10.4 Materiales**

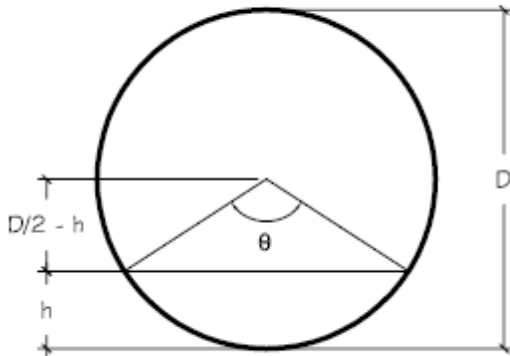
Las tuberías a utilizar en los sistemas de alcantarillado condominial deberán cumplir con lo especificado en las Normas Técnicas de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillados de Aguas Negras de ANDA y/o las que cumplan con estándares equivalentes a los antes mencionados.

#### **4.10.5 Instalación de la tubería**

La instalación de la tubería, se realizará de acuerdo a lo estipulado en la norma ASTM D-2321 "Prácticas Estándar para la Instalación Subterránea de Tuberías Termoplásticas para Alcantarillado y Otras Aplicaciones de Flujo por Gravedad"



## 5. Parámetros hidráulicos de diseño



Partiendo de la figura anterior, se tiene que:

El ángulo barrido en función del tirante de agua y el diámetro de la tubería será:

$$\theta = 2 \arccos \left( 1 - \frac{2h}{D} \right)$$

Donde:

- θ es el ángulo barrido (en grados sexagesimales)
- h es el tirante de agua en el colector (en m)
- D es el diámetro del colector (en m)

### 5.1 Radio Hidráulico

El radio hidráulico se deberá calcular con la siguiente fórmula:

$$R_H = \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{360 \sin \theta}{2\pi \theta} \right)$$

Dónde:

- $R_H$  es el radio hidráulico (en m)
- D es el diámetro de la tubería (en m)
- θ es el ángulo barrido (en grados sexagesimales)

### 5.2 Velocidad

La velocidad en el colector parcialmente lleno se calculará con la siguiente fórmula:

$$v = \frac{0.397D^{\frac{2}{3}}}{n} \left( 1 - \frac{360\text{sen}\theta}{2\pi\theta} \right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Dónde:

- $v$  es la velocidad (en m/s)
- $n$  es el coeficiente de rugosidad (adimensional)
- $R_H$  es el radio hidráulico (en m)
- $S$  es la pendiente del tramo (en m/m)
- $\theta$  es el ángulo barrido (en grado sexagesimal)

La velocidad mínima estará determinada por el valor de la tensión tractiva en cada tramo.  
 La velocidad máxima al final del periodo será 5m/s.  
 El valor de coeficiente “n” de la fórmula de Manning a utilizar será de 0.013

### 5.3 Caudal

El caudal en un colector parcialmente lleno, se calculará con la siguiente formula:

$$Q = \frac{D^{\frac{8}{3}}}{7257.15n(2\pi\theta)^{\frac{2}{3}}} (2\pi\theta - 360\text{sen}\theta)^{\frac{5}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Donde

- $Q$  es el caudal en m<sup>3</sup>/s
- $D$  es el diámetro en m
- $\theta$  es el ángulo barrido en sexagesimal

### 5.4 Tirante de agua

Para el caso de los sistemas condominial y simplificado, el tirante de agua dentro del colector deberá mantenerse dentro del siguiente rango:

$$0.2D < h/D < 0.7D$$

Dónde:

- $D$  es el diámetro del colector
- $H$  es el nivel del agua en el colector

### 5.5 Tensión Tractiva

La tensión tractiva, se define como la fuerza tangencial por unidad de área mojada ejercida por el flujo de aguas residuales sobre un colector y en consecuencia sobre el material depositado. Para el cálculo del valor de la tensión tractiva, se utilizará la siguiente formula:

$$\tau = \rho g R_H S$$

Donde:

- $\tau$  es el valor de la tensión tractiva (en Pa o N/m<sup>2</sup>)

$\rho$  es la densidad del agua residual (en Kg/m<sup>3</sup>)

$g$  es la aceleración de la gravedad (en m/s<sup>2</sup>)

$R_H$  es el radio hidráulico (en metros)

$S$  es la pendiente (en metro/metro)

La pendiente de los diferentes tramos de colector, deberá ser calculada para cada tramo, tomando en consideración el radio hidráulico correspondiente al caudal y diámetro propuesto para el tramo analizado.

Para el sistema condominial, el tirante máximo del agua dentro del colector será el 70%<sup>1</sup> del diámetro Interno del colector. El caudal mínimo de diseño será 1.5l/s.

## **5.6 Pendiente mínima**

En el sistema condominial, la pendiente mínima del colector, estará dada por la condición de mantener un valor de tensión tractiva mínimo de 1Pa (0.102 kgf/m<sup>2</sup>) de acuerdo al caudal de diseño del tramo, para las condiciones iniciales de funcionamiento.

Para el cálculo de la pendiente mínima, también se podrá utilizar el criterio de velocidad mínima real dentro del colector, de acuerdo a lo estipulado para el sistema convencional, la cual tiene un valor de 0.5m/s.

## **5.7 Pendiente máxima admisible.**

La pendiente máxima admisible, estará determinada por la velocidad máxima dentro del colector, al igual que en el sistema convencional, la velocidad máxima real dentro del colector será de 5.0m/s al final del periodo de diseño.

## **6. Anexos**

### **6.1 Detalle de Acometida individual con boca de Inspección**

### **6.2 Detalle de Caja de Conexión**

### **6.3 Detalle Conexión Doble a acometida**

### **6.4 Detalle Acometida individual**

### **6.5 Detalle Conexión de Acometida Domiciliar a Colector**

### **6.6 Detalle Conexión de Acometida Domiciliar a Colector**

### **6.7 Detalle Caja de Inspección (ladrillo de barro)**

### **6.8 Detalle Caja de Inspección (tubo ø24")**

### **6.9 Detalle elemento para inspección en inicio de colector**

### **6.10 Detalle Accesorio para inspección y limpieza**

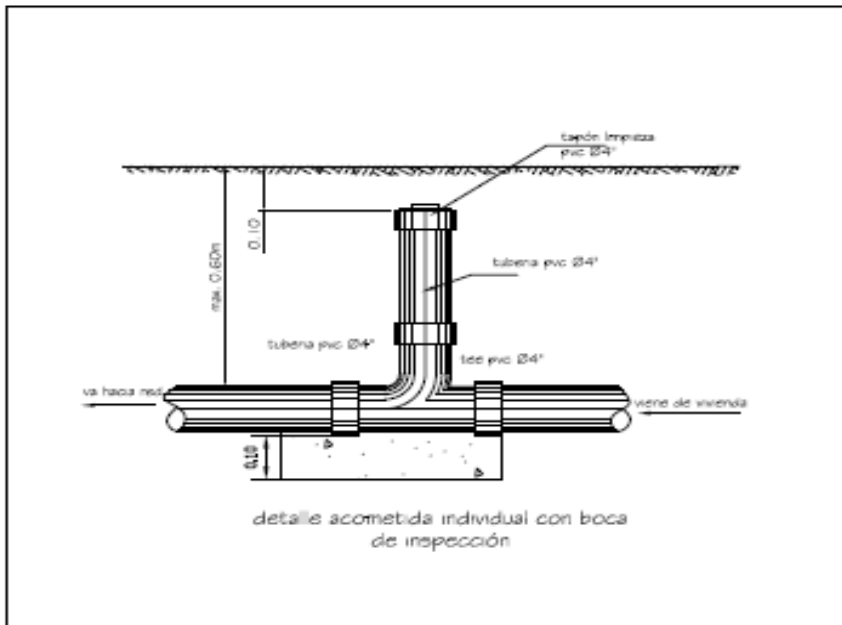
### **6.11 Cuadro valores de Tensión Tractiva para colector ø4"**

### **6.12 Cuadro valores de Tensión Tractiva para colector ø6"**

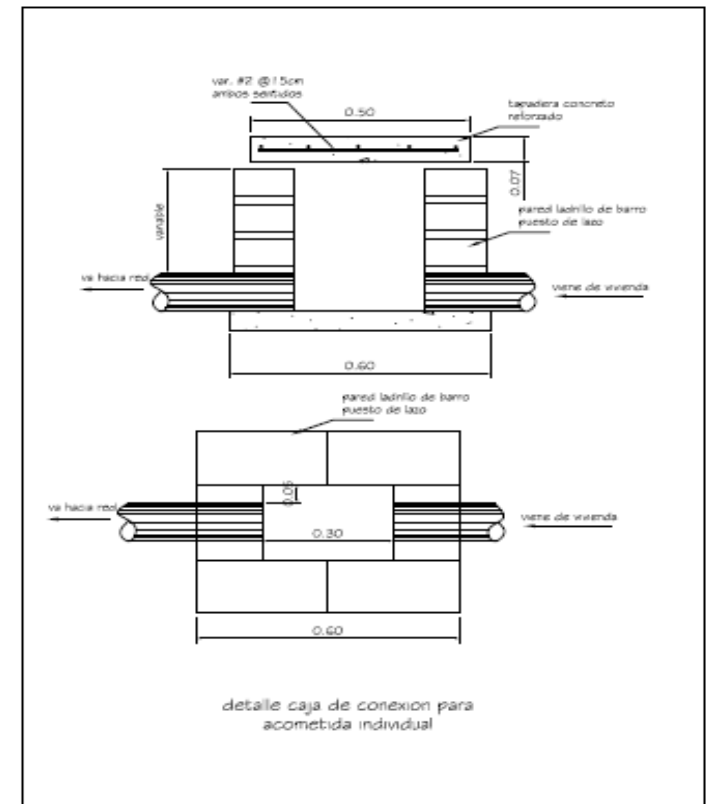
### **6.13 Cuadro valores de Tensión Tractiva para colector ø8"**

---

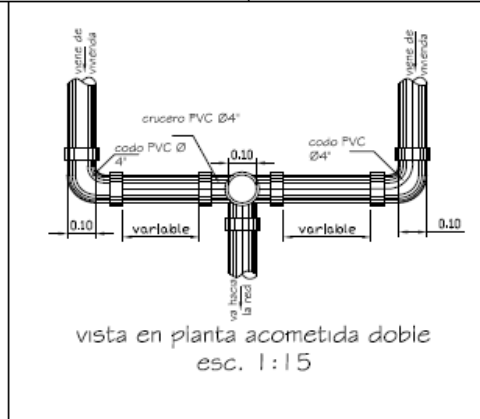
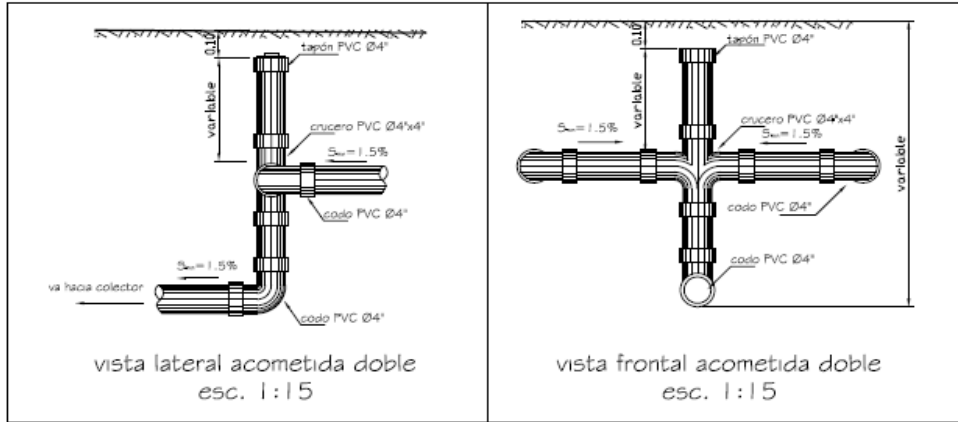
<sup>1</sup> Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado, OPS/CEPIS/05.169



Anexo 6.1

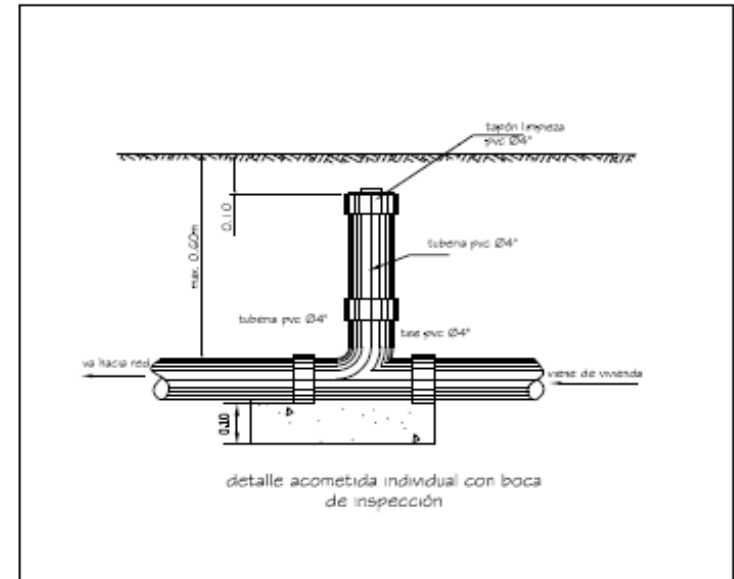


Anexo 6.2

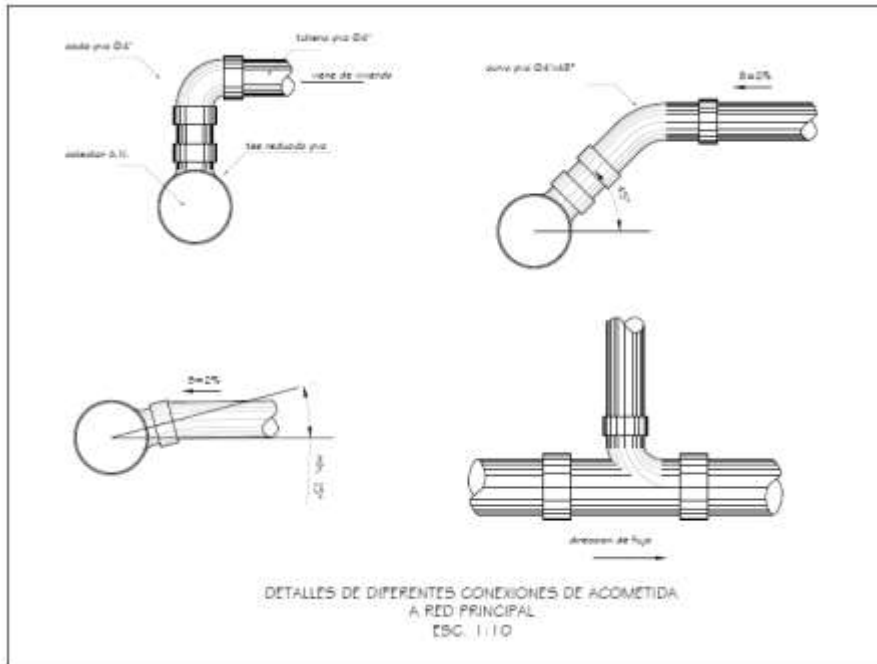


Anexo 6.3

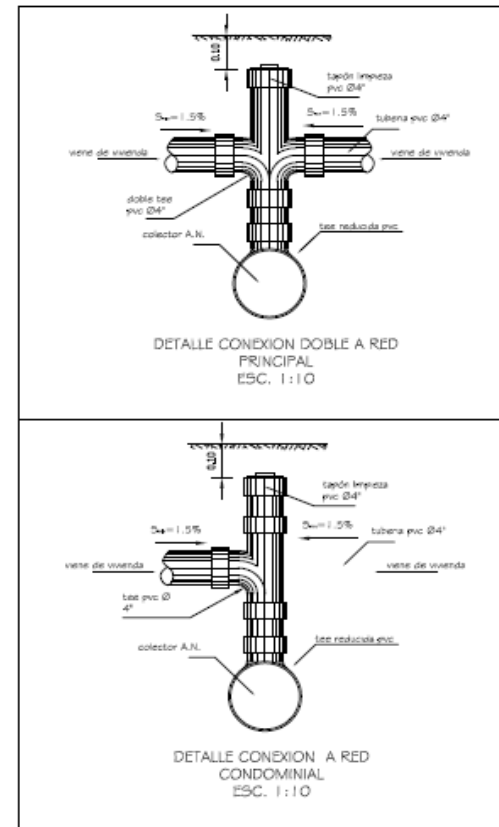
anexo 4.3



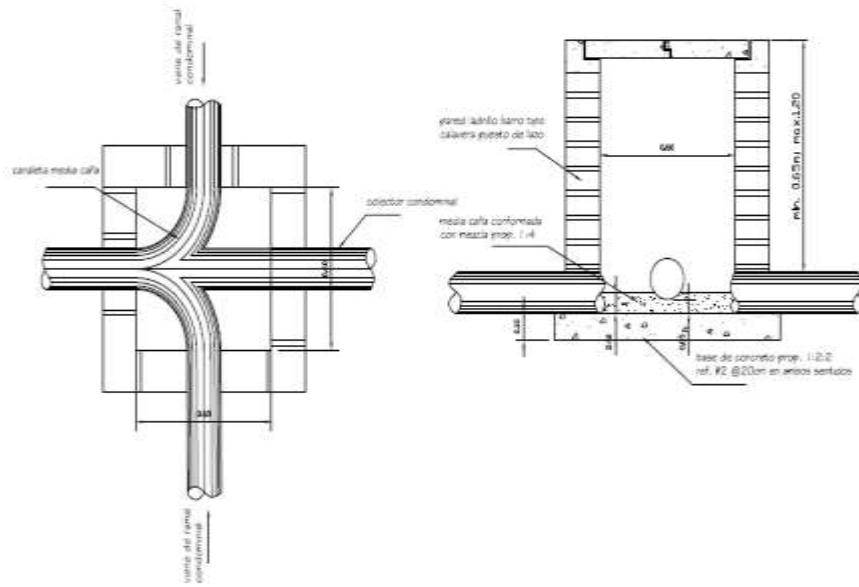
Anexo 6.4



Anexo 6.5



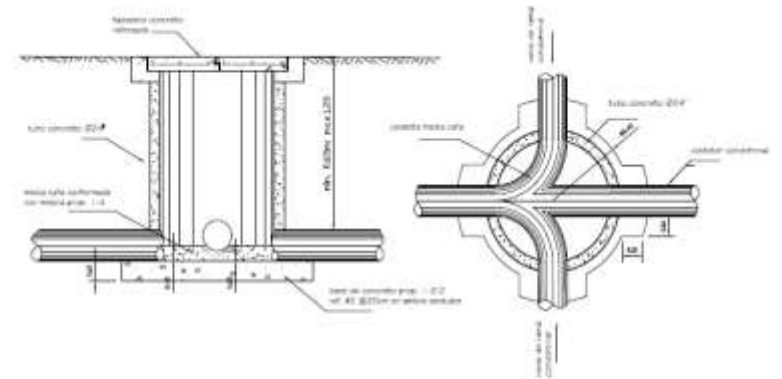
Anexo 6.6



caja de conexión de redes condominiales  
esc. 1:15

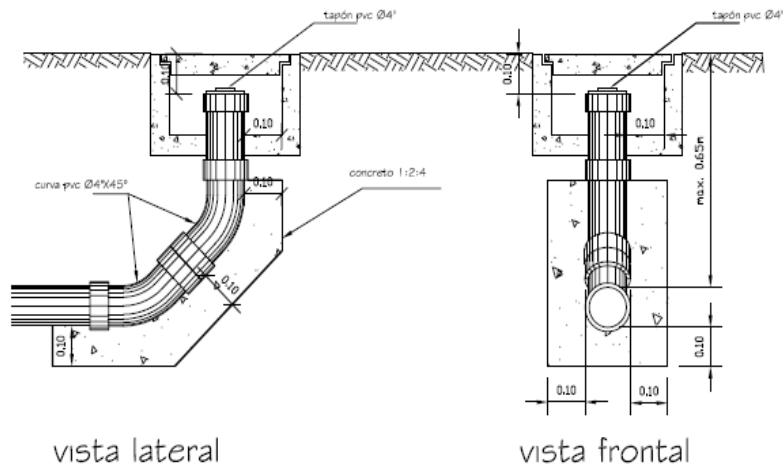
anexo 4.7

**Anexo 6.7**



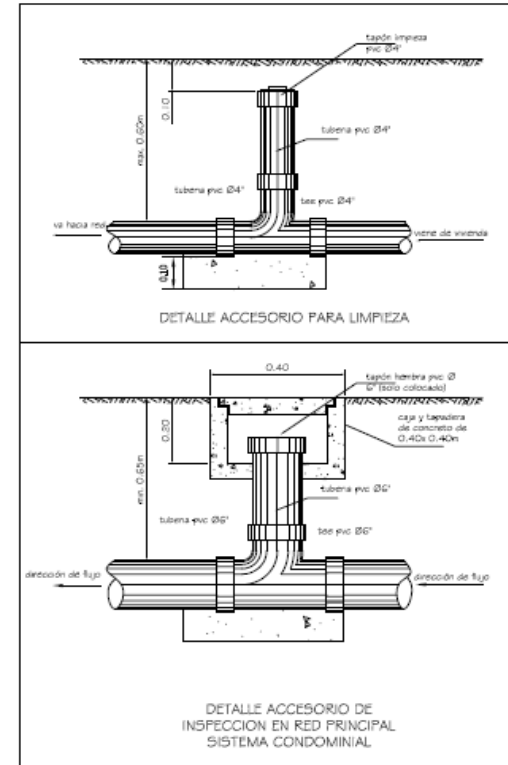
caja de conexión de redes condominiales y  
simplificada en sectores sin tráfico vehicular  
esc. 1:15

**Anexo 6.8**



elemento para inicio de colector  
esc 1:10

Anexo 6.9



Anexo 6.10



## Anexo 6.11 Valores de la Tensión Tractiva para Tuberías PVC ø4" con Diferentes Pendientes

pendiente (%)=	<b>0.5</b>	%	tirante de agua (cms)	tirante en % del diametro	capacidad de conduccion (lt/seg)	velocidad (mts/seg)	velocidad sistema convencional	tension tractiva (N/m <sup>2</sup> )
coeficiente de rugosidad	<b>0.014</b>		0.51	5	<b>0.02</b>	0.11	velocidad baja	0.16222
DIAMETRO	<b>4</b>	pulgadas	1.02	10	<b>0.07</b>	0.18	velocidad baja	0.31655
			1.52	15	<b>0.17</b>	0.23	velocidad baja	0.46285
			2.03	20	<b>0.31</b>	0.27	velocidad baja	0.60096
			2.54	25	<b>0.48</b>	0.31	velocidad baja	0.73071
			3.05	30	<b>0.69</b>	0.34	velocidad baja	0.85188
			3.56	35	<b>0.93</b>	0.37	velocidad baja	0.96426
			4.06	40	<b>1.19</b>	0.39	velocidad baja	1.06759
			4.57	45	<b>1.47</b>	0.42	velocidad baja	1.16158
			5.08	50	<b>1.77</b>	0.44	velocidad baja	1.24587
			5.59	55	<b>2.07</b>	0.45	velocidad baja	1.32006
			6.10	60	<b>2.38</b>	0.47	velocidad baja	1.38363
			6.60	65	<b>2.68</b>	0.48	velocidad baja	1.43598
			7.11	70	<b>2.96</b>	0.49	velocidad baja	1.47628
			7.62	75	<b>3.23</b>	0.49	velocidad baja	1.50345
			8.13	80	<b>3.46</b>	0.50	velocidad baja	1.51594
			8.64	85	<b>3.65</b>	0.50	velocidad baja	1.51133
			9.14	90	<b>3.77</b>	0.49	velocidad baja	1.48526
			9.65	95	<b>3.80</b>	0.48	velocidad baja	1.42753
			10.16	100	<b>3.54</b>	0.44	velocidad baja	1.24587

pendiente (%)=	<b>0.6</b>	%	tirante de agua (cms)	tirante en % del diametro	capacidad de conduccion (lt/seg)	velocidad (mts/seg)	velocidad sistema convencional	tension tractiva (N/m <sup>2</sup> )
coeficiente de rugosidad	<b>0.014</b>		0.51	5	<b>0.02</b>	0.12	velocidad baja	0.19466
DIAMETRO	<b>4</b>	pulgadas	1.02	10	<b>0.08</b>	0.19	velocidad baja	0.37986
			1.52	15	<b>0.19</b>	0.25	velocidad baja	0.55542
			2.03	20	<b>0.34</b>	0.29	velocidad baja	0.72116
			2.54	25	<b>0.53</b>	0.33	velocidad baja	0.87685
			3.05	30	<b>0.76</b>	0.37	velocidad baja	1.02226
			3.56	35	<b>1.02</b>	0.40	velocidad baja	1.15711
			4.06	40	<b>1.31</b>	0.43	velocidad baja	1.28111
			4.57	45	<b>1.61</b>	0.46	velocidad baja	1.39389
			5.08	50	<b>1.94</b>	0.48	velocidad baja	1.49504
			5.59	55	<b>2.27</b>	0.50	velocidad baja	1.58407
			6.10	60	<b>2.60</b>	0.51	velocidad normal	1.66036
			6.60	65	<b>2.93</b>	0.53	velocidad normal	1.72317
			7.11	70	<b>3.25</b>	0.54	velocidad normal	1.77154
			7.62	75	<b>3.53</b>	0.54	velocidad normal	1.80414
			8.13	80	<b>3.79</b>	0.54	velocidad normal	1.81913
			8.64	85	<b>3.99</b>	0.54	velocidad normal	1.81359
			9.14	90	<b>4.13</b>	0.54	velocidad normal	1.78231
			9.65	95	<b>4.16</b>	0.52	velocidad normal	1.71303
			10.16	100	<b>3.88</b>	0.48	velocidad baja	1.49504

pendiente (%)=	<b>0.7</b>	%	tirante de agua (cms)	tirante en % del diametro	capacidad de conduccion (lt/seg)	velocidad (mts/seg)	velocidad sistema convencional	tension tractiva (N/m <sup>2</sup> )
coeficiente de rugosidad	<b>0.014</b>		0.51	5	<b>0.02</b>	0.13	velocidad baja	0.22711
DIAMETRO	<b>4</b>	pulgadas	1.02	10	<b>0.09</b>	0.21	velocidad baja	0.44317
			1.52	15	<b>0.20</b>	0.27	velocidad baja	0.64799
			2.03	20	<b>0.37</b>	0.32	velocidad baja	0.84135
			2.54	25	<b>0.57</b>	0.36	velocidad baja	1.02299
			3.05	30	<b>0.82</b>	0.40	velocidad baja	1.19263
			3.56	35	<b>1.10</b>	0.44	velocidad baja	1.34997
			4.06	40	<b>1.41</b>	0.47	velocidad baja	1.49463
			4.57	45	<b>1.74</b>	0.49	velocidad baja	1.62621
			5.08	50	<b>2.09</b>	0.52	velocidad normal	1.74422
			5.59	55	<b>2.45</b>	0.54	velocidad normal	1.84808
			6.10	60	<b>2.81</b>	0.55	velocidad normal	1.93709
			6.60	65	<b>3.17</b>	0.57	velocidad normal	2.01037
			7.11	70	<b>3.51</b>	0.58	velocidad normal	2.06679
			7.62	75	<b>3.82</b>	0.59	velocidad normal	2.10483
			8.13	80	<b>4.09</b>	0.59	velocidad normal	2.12232
			8.64	85	<b>4.31</b>	0.59	velocidad normal	2.11586
			9.14	90	<b>4.46</b>	0.58	velocidad normal	2.07936
			9.65	95	<b>4.50</b>	0.57	velocidad normal	1.99854
			10.16	100	<b>4.19</b>	0.52	velocidad normal	1.74422

## Anexo 6.12 Valores de la Tensión Tractiva para Tuberías PVCø6" con Diferentes Pendientes

			tirante de agua (cms)	tirante en % del diametro	capacidad de conduccion (lt/seg)	velocidad (mts/seg)	velocidad sistema convencional	tension tractiva (N/m <sup>2</sup> )
pendiente (%)=	<b>0.5</b>	%	0.76	5	<b>0.05</b>	0.15	velocidad baja	0.24333
coeficiente de rugosidad	<b>0.014</b>		1.52	10	<b>0.22</b>	0.23	velocidad baja	0.47483
DIAMETRO	<b>6</b>	pulgadas	2.29	15	<b>0.51</b>	0.30	velocidad baja	0.69428
			3.05	20	<b>0.91</b>	0.35	velocidad baja	0.90145
			3.81	25	<b>1.43</b>	0.40	velocidad baja	1.09606
			4.57	30	<b>2.04</b>	0.44	velocidad baja	1.27782
			5.33	35	<b>2.74</b>	0.48	velocidad baja	1.44639
			6.10	40	<b>3.52</b>	0.52	velocidad normal	1.60139
			6.86	45	<b>4.35</b>	0.55	velocidad normal	1.74237
			7.62	50	<b>5.22</b>	0.57	velocidad normal	1.86881
			8.38	55	<b>6.11</b>	0.59	velocidad normal	1.98008
			9.14	60	<b>7.01</b>	0.61	velocidad normal	2.07545
			9.91	65	<b>7.89</b>	0.63	velocidad normal	2.15397
			10.67	70	<b>8.73</b>	0.64	velocidad normal	2.21442
			11.43	75	<b>9.51</b>	0.65	velocidad normal	2.25518
			12.19	80	<b>10.20</b>	0.65	velocidad normal	2.27391
			12.95	85	<b>10.75</b>	0.65	velocidad normal	2.26699
			13.72	90	<b>11.12</b>	0.64	velocidad normal	2.22789
			14.48	95	<b>11.21</b>	0.63	velocidad normal	2.14129
			15.24	100	<b>10.43</b>	0.57	velocidad normal	1.86881

			tirante de agua (cms)	tirante en % del diametro	capacidad de conduccion (lt/seg)	velocidad (mts/seg)	velocidad sistema convencional	tension tractiva (N/m <sup>2</sup> )
pendiente (%)=	<b>0.6</b>	%	0.76	5	<b>0.05</b>	0.16	velocidad baja	0.29199
coeficiente de rugosidad	<b>0.014</b>		1.52	10	<b>0.24</b>	0.25	velocidad baja	0.56979
DIAMETRO	<b>6</b>	pulgadas	2.29	15	<b>0.56</b>	0.32	velocidad baja	0.83314
			3.05	20	<b>1.00</b>	0.39	velocidad baja	1.08174
			3.81	25	<b>1.57</b>	0.44	velocidad baja	1.31527
			4.57	30	<b>2.24</b>	0.49	velocidad baja	1.53339
			5.33	35	<b>3.00</b>	0.53	velocidad normal	1.73567
			6.10	40	<b>3.85</b>	0.57	velocidad normal	1.92167
			6.86	45	<b>4.76</b>	0.60	velocidad normal	2.09084
			7.62	50	<b>5.71</b>	0.63	velocidad normal	2.24257
			8.38	55	<b>6.69</b>	0.65	velocidad normal	2.37610
			9.14	60	<b>7.68</b>	0.67	velocidad normal	2.49054
			9.91	65	<b>8.64</b>	0.69	velocidad normal	2.58476
			10.67	70	<b>9.57</b>	0.70	velocidad normal	2.65730
			11.43	75	<b>10.42</b>	0.71	velocidad normal	2.70621
			12.19	80	<b>11.17</b>	0.71	velocidad normal	2.72869
			12.95	85	<b>11.78</b>	0.71	velocidad normal	2.72039
			13.72	90	<b>12.18</b>	0.70	velocidad normal	2.67347
			14.48	95	<b>12.28</b>	0.69	velocidad normal	2.56955
			15.24	100	<b>11.43</b>	0.63	velocidad normal	2.24257

			tirante de agua (cms)	tirante en % del diametro	capacidad de conduccion (lt/seg)	velocidad (mts/seg)	velocidad sistema convencional	tension tractiva (N/m <sup>2</sup> )
pendiente (%)=	<b>0.7</b>	%	0.76	5	<b>0.06</b>	0.17	velocidad baja	0.34066
coeficiente de rugosidad	<b>0.014</b>		1.52	10	<b>0.26</b>	0.27	velocidad baja	0.66476
DIAMETRO	<b>6</b>	pulgadas	2.29	15	<b>0.60</b>	0.35	velocidad baja	0.97199
			3.05	20	<b>1.08</b>	0.42	velocidad baja	1.26203
			3.81	25	<b>1.69</b>	0.47	velocidad baja	1.53448
			4.57	30	<b>2.42</b>	0.53	velocidad normal	1.78895
			5.33	35	<b>3.25</b>	0.57	velocidad normal	2.02495
			6.10	40	<b>4.16</b>	0.61	velocidad normal	2.24194
			6.86	45	<b>5.14</b>	0.65	velocidad normal	2.43931
			7.62	50	<b>6.17</b>	0.68	velocidad normal	2.61633
			8.38	55	<b>7.23</b>	0.70	velocidad normal	2.77212
			9.14	60	<b>8.29</b>	0.73	velocidad normal	2.90563
			9.91	65	<b>9.34</b>	0.74	velocidad normal	3.01555
			10.67	70	<b>10.33</b>	0.76	velocidad normal	3.10019
			11.43	75	<b>11.26</b>	0.77	velocidad normal	3.15725
			12.19	80	<b>12.07</b>	0.77	velocidad normal	3.18348
			12.95	85	<b>12.72</b>	0.77	velocidad normal	3.17378
			13.72	90	<b>13.16</b>	0.76	velocidad normal	3.11905
			14.48	95	<b>13.26</b>	0.74	velocidad normal	2.99780
			15.24	100	<b>12.34</b>	0.68	velocidad normal	2.61633

### Anexo 6.13 Valores de la Tensión Tractiva para tuberías ø8" y diferentes pendientes

			tirante de agua (cms)	tirante en % del diametro	capacidad de conduccion (lt/seg)	velocidad (mts/seg)	velocidad sistema convencional	tension tractiva (N/m <sup>2</sup> )
			1.02	5	<b>0.11</b>	0.18	velocidad baja	0.32444
pendiente (%)=	<b>0.5</b>	%	2.03	10	<b>0.47</b>	0.28	velocidad baja	0.63310
coeficiente de rugosidad	<b>0.014</b>		3.05	15	<b>1.09</b>	0.36	velocidad baja	0.92571
DIAMETRO	<b>8</b>	pulgadas	4.06	20	<b>1.97</b>	0.43	velocidad baja	1.20193
			5.08	25	<b>3.08</b>	0.49	velocidad baja	1.46141
			6.10	30	<b>4.40</b>	0.54	velocidad normal	1.70376
			7.11	35	<b>5.91</b>	0.58	velocidad normal	1.92852
			8.13	40	<b>7.57</b>	0.63	velocidad normal	2.13519
			9.14	45	<b>9.36</b>	0.66	velocidad normal	2.32316
			10.16	50	<b>11.23</b>	0.69	velocidad normal	2.49174
			11.18	55	<b>13.16</b>	0.72	velocidad normal	2.64011
			12.19	60	<b>15.09</b>	0.74	velocidad normal	2.76727
			13.21	65	<b>16.99</b>	0.76	velocidad normal	2.87196
			14.22	70	<b>18.81</b>	0.78	velocidad normal	2.95256
			15.24	75	<b>20.49</b>	0.79	velocidad normal	3.00690
			16.26	80	<b>21.96</b>	0.79	velocidad normal	3.03188
			17.27	85	<b>23.15</b>	0.79	velocidad normal	3.02265
			18.29	90	<b>23.94</b>	0.78	velocidad normal	2.97052
			19.30	95	<b>24.14</b>	0.76	velocidad normal	2.85505
			20.32	100	<b>22.47</b>	0.69	velocidad normal	2.49174

			tirante de agua (cms)	tirante en % del diametro	capacidad de conduccion (lt/seg)	velocidad (mts/seg)	velocidad sistema convencional	tension tractiva (N/m <sup>2</sup> )
			1.02	5	<b>0.12</b>	0.19	velocidad baja	0.38932
pendiente (%)=	<b>0.6</b>	%	2.03	10	<b>0.51</b>	0.30	velocidad baja	0.75972
coeficiente de rugosidad	<b>0.014</b>		3.05	15	<b>1.20</b>	0.39	velocidad baja	1.11085
DIAMETRO	<b>8</b>	pulgadas	4.06	20	<b>2.16</b>	0.47	velocidad baja	1.44232
			5.08	25	<b>3.37</b>	0.53	velocidad normal	1.75370
			6.10	30	<b>4.82</b>	0.59	velocidad normal	2.04451
			7.11	35	<b>6.47</b>	0.64	velocidad normal	2.31423
			8.13	40	<b>8.29</b>	0.68	velocidad normal	2.56222
			9.14	45	<b>10.25</b>	0.72	velocidad normal	2.78779
			10.16	50	<b>12.31</b>	0.76	velocidad normal	2.99009
			11.18	55	<b>14.41</b>	0.79	velocidad normal	3.16813
			12.19	60	<b>16.53</b>	0.81	velocidad normal	3.32072
			13.21	65	<b>18.62</b>	0.83	velocidad normal	3.44635
			14.22	70	<b>20.61</b>	0.85	velocidad normal	3.54307
			15.24	75	<b>22.44</b>	0.86	velocidad normal	3.60828
			16.26	80	<b>24.06</b>	0.86	velocidad normal	3.63826
			17.27	85	<b>25.36</b>	0.86	velocidad normal	3.62718
			18.29	90	<b>26.23</b>	0.85	velocidad normal	3.56462
			19.30	95	<b>26.44</b>	0.83	velocidad normal	3.42606
			20.32	100	<b>24.61</b>	0.76	velocidad normal	2.99009

			tirante de agua (cms)	tirante en % del diametro	capacidad de conduccion (lt/seg)	velocidad (mts/seg)	velocidad sistema convencional	tension tractiva (N/m <sup>2</sup> )
			1.02	5	<b>0.13</b>	0.21	velocidad baja	0.45421
pendiente (%)=	<b>0.7</b>	%	2.03	10	<b>0.55</b>	0.33	velocidad baja	0.88634
coeficiente de rugosidad	<b>0.014</b>		3.05	15	<b>1.29</b>	0.42	velocidad baja	1.29599
DIAMETRO	<b>8</b>	pulgadas	4.06	20	<b>2.33</b>	0.50	velocidad normal	1.68270
			5.08	25	<b>3.64</b>	0.57	velocidad normal	2.04598
			6.10	30	<b>5.21</b>	0.64	velocidad normal	2.38527
			7.11	35	<b>6.99</b>	0.69	velocidad normal	2.69993
			8.13	40	<b>8.96</b>	0.74	velocidad normal	2.98926
			9.14	45	<b>11.07</b>	0.78	velocidad normal	3.25242
			10.16	50	<b>13.29</b>	0.82	velocidad normal	3.48844
			11.18	55	<b>15.57</b>	0.85	velocidad normal	3.69616
			12.19	60	<b>17.86</b>	0.88	velocidad normal	3.87418
			13.21	65	<b>20.11</b>	0.90	velocidad normal	4.02074
			14.22	70	<b>22.26</b>	0.92	velocidad normal	4.13358
			15.24	75	<b>24.24</b>	0.93	velocidad normal	4.20966
			16.26	80	<b>25.98</b>	0.93	velocidad normal	4.24463
			17.27	85	<b>27.39</b>	0.93	velocidad normal	4.23171
			18.29	90	<b>28.33</b>	0.92	velocidad normal	4.15873
			19.30	95	<b>28.56</b>	0.90	velocidad normal	3.99707
			20.32	100	<b>26.58</b>	0.82	velocidad normal	3.48844

#### Bibliografía

- **Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado**, OPS/CEPIS/05.169 UNATSABAR
- **Norma Boliviana NB 688-01 Instalaciones Sanitarias- Alcantarillado Sanitario, Pluvial y Tratamiento de Aguas Residuales**, Dirección General de Saneamiento Básico – DIGESBA-
- **Simplified Sewerage: Design Guidelines**, elaborado por Alexander Bakalian et ál. Word Bank Water and Sanitation Program
- **Técnicas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado Sanitario y Pluvial, Modificaciones a la Norma NB-688**, Viceministerio de Servicios Básicos, Dirección General de Políticas y Normas, Ministerio de Vivienda y Servicios Básicos, Bolivia
- **PC-based Simplified Sewer Desing**, elaborado por Duncan Mara et ál. Escuela de Ingenieria Civil, Universidad de Leeds