

Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento

# Alcantarillado Sanitario



**GOBIERNO  
FEDERAL**

**SEMARNAT**



**Vivir Mejor**

Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento:

# **Alcantarillado sanitario**

Comisión Nacional del Agua

Diciembre de 2009  
[www.coangua.gob.mx](http://www.coangua.gob.mx)

## ADVERTENCIA

Se autoriza la reproducción sin alteraciones del material contenido en esta obra, sin fines de lucro y citando la fuente.

Esta publicación forma parte de los productos generados por la Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento cuyo cuidado editorial estuvo a cargo de la Coordinación General de Atención Institucional, Comunicación y Cultura del Agua de la Comisión Nacional del Agua.

Título: Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario

Autor: Comisión Nacional del Agua  
Insurgentes Sur No. 2416 Col. Copilco El Bajo  
C.P. 04340, Coyoacán, México, D.F.  
Tel. (55) 5174-4000  
[www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)

Editor: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209 Col. Jardines de la Montaña,  
C.P 14210, Tlalpan, México, D.F.

### Participación

El presente manual fue elaborado con la participación de las siguientes empresas y asociaciones:  
3PC, S.A. de C.V.

Amitech México, S.A. de C.V.

Asociación de Fabricantes de Tuberías de Concreto, A.C. (ATCO)

Instituto Mexicano de Fibro Industrias, A.C. (INFI)

Asociación Mexicana de Industrias de Tuberías Plásticas, A.C. (AMITUP)

Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México, A.C. (ANEAS)

Asociación Nacional de Fabricantes de Tuberías de Polietileno, A.C. (ANFATUP)

Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero (CANACERO)

Centro de Normalización y Certificación de Productos, A.C. (CNCP)

Certificación Mexicana, S.C. (CERTIMEX)

Rotoplas, S.A de C.V.

Sociedad de Fabricantes Nacionales de Tuberías de Polietileno y Polipropileno, S.C. (SOFANTUP)

### Información

La información y datos asentados en el presente Manual son responsabilidad de la CONAGUA y de las empresas y asociaciones participantes

Impreso en México

Distribución gratuita. Prohibida su venta.

Queda prohibido el uso para fines distintos al desarrollo social.

# Mensaje

Para dar soporte al Objetivo Estratégico del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, que se refiere a incrementar la cobertura de servicios de agua potable y saneamiento del país, así como apoyar el logro del Objetivo 2 del Programa Nacional Hídrico 2007-2012, de incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, con sus líneas estratégicas de incrementar el número de habitantes con servicios de agua potable y alcantarillado en comunidades rurales y urbanas, induciendo la sostenibilidad de los servicios a las poblaciones, la CONAGUA en apoyo a los organismos operadores de agua potable, alcantarillado y saneamiento actualiza diferentes aspectos del Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) con el propósito de brindar el servicio a los ingenieros, técnicos y operadores responsables del diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

# Contenido

<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Definiciones</b> .....	<b>2</b>
<b>1. Características</b> .....	<b>5</b>
1.1 Sistemas de alcantarillado .....	5
1.1.1 Clasificación .....	5
1.1.2 Red de atarjeas.....	8
1.1.3. Colectores e interceptores .....	10
1.1.4 Emisores .....	10
1.1.4.1 Emisores a gravedad .....	10
1.1.4.2 Emisores a presión .....	10
1.1.5 Modelos de configuración para colectores, interceptores y emisores.....	10
1.1.5.1 Modelo perpendicular .....	10
1.1.5.2 Modelo radial .....	11
1.1.5.3 Modelo de interceptores .....	11
1.1.5.4 Modelo de abanico.....	11
<b>2. Componentes de un sistema de alcantarillado</b> .....	<b>12</b>
2.1 Tuberías .....	12
2.1.1 Acero .....	13
2.1.1.1 Protección de superficie interior y exterior de tubería de acero .....	19
2.1.2 Concreto simple (CS) y concreto reforzado (CR) .....	19
2.1.2.1 Cemento .....	19
2.1.2.2 Refuerzo (armazón).....	19
2.1.2.3 Agregados.....	19
2.1.2.4 Agua.....	20
2.1.3 Concreto reforzado con revestimiento interior(CRRI).....	26
2.1.4 Poliéster Reforzado con fibra de vidrio(PRFV) .....	27
2.1.5 Poli(cloruro de vinilo) (PVC) (pared sólida y estructurada) .....	29
2.1.5.1 Tipos de pared estructurada en tubería de poli(cloruro de vinilo)(PVC) .....	30
2.1.5.2 Información específica de la tubería poli(cloruro de vinilo) (PVC).....	31
2.1.6. Tuberías de fibrocemento(FC) .....	36
2.1.7. Tubería de polietileno de alta densidad (PEAD).....	39
2.2 Obras accesorias.....	42
2.2.1 Descarga domiciliaria .....	42
2.2.2 Pozos de visita .....	49

2.2.2.1 Pozos prefabricados de materiales plásticos .....	51
2.2.2.2 Pozos prefabricados de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) .....	52
2.2.2.3 Pozos construidos en sitio .....	54
2.2.3 Estructuras de caída .....	58
2.2.4 Sifones invertidos .....	58
2.2.5 Cruces elevados .....	60
2.2.6 Cruces subterráneos con carreteras y vías de ferrocarril.....	60
2.2.7 Cruces subterráneos con ríos, arroyos o canales .....	61
2.3 Estaciones de bombeo .....	61
2.3.1 Cárcamo de bombeo.....	61
2.3.2 Subestación eléctrica.....	61
2.3.3 Equipo de bombeo.....	62
2.3.4 Motor eléctrico .....	63
2.3.5 Controles eléctricos .....	63
2.3.6 Arreglo de la descarga .....	63
2.3.7 Equipo de maniobras .....	63
<b>3. Diseño hidráulico .....</b>	<b>64</b>
3.1 Generalidades.....	64
3.1.1 Topografía .....	64
3.1.2 Planos .....	65
3.1.2.1 Planos topográficos .....	65
3.1.2.2 Plano de pavimentos y banquetas.....	65
3.1.2.3 Plano actualizado de la red.....	65
3.1.2.4 Plano de agua potable .....	65
3.1.2.5 Planos de uso actual del suelo .....	65
3.1.2.6 Plano predial.....	65
3.1.2.7 Plano de uso futuro del suelo.....	65
3.1.2.8 Planos de infraestructura adicional existente .....	66
3.1.3 Gastos de diseño .....	66
3.1.3.1 Gasto medio .....	66
3.1.3.2 Gasto mínimo .....	67
3.1.3.3 Gasto máximo instantáneo .....	67
3.1.3.4 Gasto máximo extraordinario .....	68
3.1.4 Variables hidráulicas .....	68
3.1.4.1 Velocidades .....	68
3.1.4.2 Pendientes.....	68
3.1.4.3 Diámetros.....	70
3.1.5 Profundidades de zanjas.....	70
3.1.5.1 Profundidad mínima.....	70
3.1.5.2 Profundidad máxima.....	70
3.1.6 Obras accesorias.....	71
3.1.6.1 Pozos de visita.....	71
3.1.6.2 Estructuras de caída.....	73

3.1.7 Conexiones.....	73
3.2 Diseño hidráulico .....	76
3.2.1 Formulas para el diseño.....	76
3.2.2 Metodología para el diseño hidráulico .....	77
3.2.2.1 Planeación general .....	77
3.2.2.2 Definición de áreas de proyecto .....	77
3.2.2.3 Sistema de alcantarillado existente .....	77
3.2.2.4 Revisión Hidráulica de la red existente.....	77
3.2.2.5 Proyecto .....	77
3.3 Red de atarjeas.....	78
3.4 Colectores e interceptores .....	78
3.5 Emisores .....	79
3.5.1 Emisores a gravedad .....	79
3.5.1.1 Gastos de diseño .....	79
3.5.2 Emisores a presión .....	79
3.5.2.1 Diseño de instalaciones mecánicas y eléctricas .....	79
3.5.2.2 Diseño de la tubería a presión .....	79
<b>4. Estructura de descarga .....</b>	<b>80</b>
4.1 Aspectos por considerar en el proyecto .....	80
4.2 Sitios de vertido previo tratamiento .....	80
4.2.1 Vertido en corrientes superficiales .....	80
4.2.2 Vertido en terrenos .....	81
4.2.3 Vertido en el mar .....	81
4.2.4 Vertido en lagos y lagunas .....	82
4.2.5 Recarga de aguas subterráneas por medio de pozos de absorción.....	82
<b>5. Hermeticidad.....</b>	<b>83</b>
<b>6. Recomendaciones de construcción y operación .....</b>	<b>84</b>
6.1 Recomendaciones de construcción.....	84
6.1.1 Excavación de zanja.....	84
6.1.1.1 Ancho de zanja.....	85
6.1.1.2 Sistemas de protección de zanjas .....	85
6.1.2 Plantilla o cama .....	86
6.1.3 Instalación de tubería .....	86
6.1.3.1 Instalación de tuberías de concreto simple y reforzado .....	87
6.1.3.2 Instalación de tuberías de fibrocemento .....	94
6.1.3.3 Instalación de tuberías de poli(cloruro de vinilo) (PVC) .....	95
6.1.3.4 Instalación de tubería de polietileno de alta densidad (PEAD).....	96
6.1.3.5 Instalación de tubería de PRVF .....	107
6.1.4 Relleno de la zanja .....	116
6.1.4.1 Relleno de la zanja en tuberías rígidas .....	116
6.1.4.2 Relleno de la zanja en tuberías flexibles.....	117

6.1.5 Pruebas de campo en líneas de alcantarillado construidas con tubería rígida.....	117
6.1.5.1 Prueba de hermeticidad.....	117
6.1.6 Pruebas de campo en líneas de alcantarillado construidas con tubería flexible.....	117
6.1.6.1 Prueba de hermeticidad.....	117
6.1.6.2 Prueba de flexión diametral .....	118
6.2 Recomendaciones de operación .....	119
6.2.1 Mantenimiento preventivo y correctivo .....	119
6.2.1.1 Desazolve con equipo manual.....	119
6.2.1.2 Desazolve con equipo hidroneumático .....	119
<b>Bibliografía .....</b>	<b>121</b>
<b>Apéndice informativo. Normas Mexicanas Aplicables.....</b>	<b>123</b>



# Introducción

En el desarrollo de las localidades urbanas, sus servicios en general se inician con un precario abastecimiento de agua potable y van satisfaciendo sus necesidades con base en obras escalonadas en bien de su economía. Como consecuencia se presenta el problema del desalajo de las aguas servidas o aguas residuales. Se requiere así la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario para conducir las aguas residuales que produce una población, incluyendo el comercio, los servicios y a la industria a su destino final.

Un sistema de alcantarillado sanitario está integrado por todos o 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, previo tratamiento, desde un cuerpo receptor hasta el reúso o la recarga de acuíferos, dependiendo del tratamiento que se realice y de 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 diversas actividades de una población. Estos desechos líquidos, se componen esencialmente de agua, más sólidos orgánicos e inorgánicos disueltos y en suspensión mismos que deben cumplir con la norma oficial mexicana NOM-002-SEMARNAT vigente, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y del tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal.

El encauzamiento de aguas residuales evidencia la importancia de aplicar lineamientos técnicos, que permitan elaborar proyectos de alcantarillado sanitario, eficientes, seguros, económicos y durables, considerando que deben ser auto limpiantes, autoventilantes e hidráulicamente herméticos a la ex filtración e infiltración.

Los lineamientos que aquí se presentan, son producto de la recopilación de publicaciones técnicas elaboradas

y aplicadas en el país, por las distintas dependencias, organismos, asociaciones y cámaras relacionadas con la normativa del sector.

Como en todo proyecto de ingeniería, para el sistema de alcantarillado sanitario, 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 ellas con el propósito de seleccionar la alternativa que asegure el funcionamiento y la durabilidad adecuada con el mínimo costo integral en el horizonte del proyecto.

El periodo de diseño para un sistema de alcantarillado sanitario debe definirse de acuerdo a los lineamientos establecidos para cada proyecto por las autoridades locales correspondientes.

En el dimensionamiento de los diferentes componentes de un sistema de alcantarillado, se debe analizar la conveniencia de programar las obras por etapas, existiendo congruencia entre los elementos que lo integran y entre las etapas que se propongan para este sistema, considerando en todo momento que la etapa construida pueda entrar en operación, y la cobertura del sistema de distribución del agua potable.

El diseño hidráulico debe realizarse para la condición de proyecto, pero siempre considerando las diferentes etapas de construcción que se tengan definidas.

Los equipos electro-mecánicos en las estaciones de bombeo (cuando se requieran) y en la planta de tratamiento, deben obedecer a un diseño modular, que permita su construcción por etapas y puedan operar en las mejores condiciones de flexibilidad, de acuerdo con los gastos mínimos, medios y máximos determinados a través del período de diseño establecido para el proyecto.

En el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario se debe conocer la infraestructura existente en la localidad (agua potable, ductos de gas, teléfono, energía eléctrica, alcantarillado pluvial, etc.) para evitar que las tuberías diseñadas coincidan con estas instalaciones, y asegurar que, en los cruces con la red de agua potable, la tubería del alcantarillado siempre se localice por debajo de ésta.

Reconociendo la importancia del tratamiento de las aguas residuales para su reutilización es indispensable contar con sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario independientes que garanticen la operación adecuada de ambas redes y de las plantas de tratamiento.

# Definiciones

**Aguas residuales domésticas.-** Son aquellas provenientes de inodoros, regaderas, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos. Estas aguas están compuestas por sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes, (nitrógeno y fosforo) y organismos patógenos.

**Aguas residuales industriales.-** Se originan de los desechos de procesos industriales o manufactureros y, debido a su naturaleza, pueden contener, además de los componentes antes mencionados en las aguas domésticas, elementos tóxicos tales como plomo, mercurio, níquel, cobre, solventes, grasas y otros, que requieren ser removidos en vez de ser vertidos al sistema de alcantarillado

**Aguas de lluvias.-** Proviene de la precipitación pluvial y, debido a su efecto de lavado sobre tejados, calles y suelos, y la atmosfera pueden contener una gran cantidad de sólidos suspendidos; algunos metales pesados y otros elementos químicos tóxicos.

**Acero.-** es la aleación de hierro y carbono, donde el carbono no supera el 2,1% en peso de la composición de la aleación, alcanzando normalmente porcentajes entre el 0,2% y el 0,3%.

**Albañal interior.-** Es la tubería que recoge las aguas residuales de una edificación y termina generalmente en un registro.

**Alcantarillado sanitario.-** Un sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir, conducir, ventilar y evacuar las aguas residuales de la población. De no existir estas redes de recolección de agua, se pondría en grave peligro la salud de las personas debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas y, además, se causarían importantes pérdidas materiales.

**Atarjea.-** Es la tubería que recoge las aguas residuales de las descargas domiciliarias o albañal exterior para entregarlas al colector por medio de un pozo.

**Brocal.-** Dispositivo sobre el que se asienta una tapa, que permite el acceso y cierre de un pozo de visita en su parte superior o a nivel de piso, el cual se apoya por fuera de la boca de acceso del pozo de visita.

**Cabeza de atarjea.-** Extremo inicial de una atarjea.

**Colector.-** Es la tubería que recoge las aguas residuales de las atarjeas. Puede terminar en un interceptor, en un emisor o en la planta de tratamiento. No es conveniente conectar los albañales (tuberías de 15 y 20 cm) directamente a un colector de diámetro mayor a 76 cm, debido a que un colector mayor a este diámetro generalmente va instalado profundo; en estos casos el diseño debe prever atarjeas paralelas "madrinas" a los colectores, en las que se conecten los albañales de esos diámetros, para luego conectarlas a un colector, mediante un pozo de visita.

**Concreto reforzado con revestimiento interior.-** Se compone de los mismos materiales que el concreto reforzado, y adicionalmente, en el momento de su fabricación, se le coloca una camisa de material plástico laminado, hecha de PVC o polietileno de alta densidad, cuyos anclajes internos logran una adherencia mecánica y permanente al concreto.

**Concreto reforzado.-** Se compone de un aglutinante, Cemento, agua, y agregados (arena y grava) para formar una masa semejante a una roca una vez que la mezcla ha fraguado, debido a la reacción química entre el cemento y el agua, con material de refuerzo, normalmente acero de alta resistencia, para mejorar la resistencia de los elementos fabricados con estos materiales.

**Concreto simple.-** Se compone de un aglutinante, Cemento y agua, y agregados (arena y grava) para formar una masa semejante a una roca una vez que la mezcla ha fraguado, debido a la reacción química entre el cemento y el agua.

**Conducción por bombeo (presión).-** La conducción por bombeo es necesaria cuando se requiere adicionar

energía para obtener el gasto de diseño. Este tipo de conducción se usa generalmente cuando la elevación del agua es menor a la altura piezométrica requerida en el punto de entrega. El equipo de bombeo proporciona la energía necesaria para lograr el transporte del agua.

**Conducción por bombeo-gravedad.-** Si la topografía del terreno obliga al trazo de la conducción a cruzar por partes más altas que la elevación de la superficie del agua, conviene analizar la colocación de un tanque intermedio en ese lugar. La instalación de dicho tanque ocasiona que se forme una conducción por bombeo-gravedad, donde la primera parte es por bombeo y la segunda por gravedad

**Conducción por gravedad.-** Una conducción por gravedad se presenta cuando la elevación del agua es mayor a la altura piezométrica requerida o existente en el punto de entrega del agua, el transporte del fluido se logra por la diferencia de energías disponible.

**Contaminación de un cuerpo de agua.-** Introducción o emisión en el agua, de organismos patógenos o sustancias tóxicas, que demeriten la calidad del cuerpo de agua.

**Cruce elevado.-** Estructura utilizada para cruzar una depresión profunda como es el caso de algunas cañadas o barrancas de poca anchura.

**Descarga domiciliaria o albañal exterior.-** Instalación que conecta el último registro de una edificación (albañal interior) a la atarjea o colector.

**Emisor.-** Es el conducto que recibe las aguas de un colector o de un interceptor. No recibe ninguna aportación adicional en su trayecto y su función es conducir las aguas negras a la caja de entrada de la planta de tratamiento. También se le denomina emisor al conducto que lleva las aguas tratadas (efluente) de la caja de salida de la planta de tratamiento al sitio de descarga.

**Estructuras de caída escalonada.-** Son estructuras con caída escalonada cuya variación es de 50 en 50 cm hasta 2.50 m como máximo; están provistas de una chimenea a la entrada de la tubería con mayor elevación de plantilla y otra a la salida de la tubería con la menor elevación

de plantilla. Se emplean en tuberías con diámetros de 0.91 a 3.05 m.

**Estructura de descarga.-** Obra de salida o final del emisor que permite el vertido de las aguas residuales a un cuerpo receptor; puede ser de dos tipos, recta y esviada.

**Fibro cemento.-** Es un material utilizado en la construcción, constituido por una mezcla de cemento y fibras de refuerzo, para mejorar la resistencia de los elementos fabricados con estos materiales.

**Flujo por gravedad.-** Movimiento de un flujo debido a una diferencia de altura.

**Flujo por presión.-** Movimiento de un flujo debido al empleo de una bomba que genera un aumento de presión después de pasar el fluido por ésta o cuando la tubería trabaja por gravedad a tubo lleno generando un gradiente hidráulico.

**Flujo por vacío.-** Movimiento de un flujo debido a una variación de presiones, dentro del conducto se genera una presión por debajo de la presión atmosférica negativa (vacío), y cuando el fluido es sometido por un lado a una presión positiva el fluido se conducirá a la sección de vacío.

**Interceptor.-** Es la tubería que intercepta las aguas negras de los colectores y termina en un emisor o en la planta de tratamiento. En un modelo de interceptores, las tuberías principales (colectores) se instalan en zonas con curvas de nivel más o menos paralelas y sin grandes desniveles, y se descargan a una tubería de mayor diámetro (interceptor) generalmente paralelo a alguna corriente natural.

**Poli(cloruro de vinilo) (PVC).-** Polímero termoplástico, orgánico obtenido por polimerización del cloruro de vinilo.

**Poliéster.-** Es un material termoplástico que pertenece a la familia de los Estirénicos, distinguiéndose por su elevada transparencia y brillo principalmente.

**Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV).**- Es una tubería compuesta de tres materias primas básicas. La primera son dos tipos de refuerzo de fibra de vidrio (fibra de vidrio cortada y fibra de vidrio continua) para lograr resistencia circunferencial y axial; Arena silícica que es utilizada para aumentar la rigidez y se aplica al eje neutro y finalmente la resina en el revestimiento interno y externo del tubo.

**Polietileno de alta densidad (PEAD).**- Polímero termoplástico, perteneciente a la familia de los polímeros olefinicos, obtenido por polimerización del etileno.

**Pozos con caída adosada.**- Son pozos de visita comunes, especiales o pozos caja a los cuales lateralmente se les construye una estructura que permite la caída en tuberías de 20 y 25 cm de diámetro con un desnivel hasta de 2.00 m.

**Pozos con caída.**- Son pozos constituidos también por una caja y una chimenea a los cuales, en su interior se les construye una pantalla que funciona como deflector del caudal que cae. Se construyen para tuberías de 30 a 76 cm de diámetro y con un desnivel hasta de 1.50 m.

**Sifón invertido.**- Obra accesorio utilizada para cruzar alguna corriente de agua, depresión del terreno, estructura, conducto o viaductos subterráneos, que se encuentren al mismo nivel en que debe instalarse la tubería.

**Tapa.**- Dispositivo que asienta sobre el brocal

**Tratamiento.**- Es la remoción en las aguas residuales, por métodos físicos, químicos y biológicos de materias en suspensión, coloidal y disuelta.

**Tubería flexible.**- Son aquellas que se deflexionan por lo menos un 2% sin sufrir daño estructural. Materiales de las tuberías flexibles: acero, aluminio, PVC, polietileno, polipropileno, poliéster reforzado con fibra de vidrio.

**Tubería rígida.**- Se considera tubería rígida aquella que no admite deflexión sin sufrir daño en su estructura. Materiales de las tuberías rígidas: concreto, fibrocemento, hierro fundido y barro.

**Vida útil.**- Tiempo en el cual los elementos de un sistema operan económicamente bajo las condiciones originales del proyecto aprobado y de su entorno.

# 1. Características

## 1.1 Sistemas de alcantarillado

### 1.1.1 Clasificación

Los sistemas de alcantarillado pueden ser de dos tipos: convencionales o no convencionales. Los sistemas de alcantarillado sanitario han sido ampliamente utilizados, estudiados y estandarizados. Son sistemas con tuberías de grandes diámetros que permiten una gran flexibilidad en la operación del sistema, debida en muchos casos a la incertidumbre en los parámetros que definen el caudal: densidad poblacional y su estimación futura, mantenimiento inadecuado o nulo. Los sistemas de alcantarillado no convencionales surgen como una respuesta de saneamiento básico de poblaciones de bajos recursos económicos, son sistemas poco flexibles, que requieren de mayor definición y control de en los parámetros de diseño, en especial del caudal, mantenimiento intensivo y, en gran medida, de la cultura en la comunidad que acepte y controle el sistema dentro de las limitaciones que éstos pueden tener.

1. Los sistemas convencionales de alcantarillado se clasifican en:

**Alcantarillado separado:** es aquel en el cual se independiza la evacuación de aguas residuales y lluvia.

- a) Alcantarillado sanitario: sistema diseñado para recolectar exclusivamente las aguas residuales domésticas e industriales.
- b) Alcantarillado pluvial: sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la precipitación.

**Alcantarillado combinado:** conduce simultáneamente las aguas residuales, domésticas e industriales, y las aguas de lluvia.

2. Los sistemas de alcantarillado no convencionales se clasifican según el tipo de tecnología aplicada y en general se limita a la evacuación de la aguas residuales.

- a) Alcantarillado simplificado: un sistema de alcantarillado sanitario simplificado se diseña con los mismos lineamientos de un alcantarillado convencional, pero teniendo en cuenta la posibilidad de reducir diámetros y disminuir distancias entre pozos al disponer de mejores equipos de mantenimiento.
- b) Alcantarillado condominiales: Son los alcantarillados que recogen las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas, menor a una hectárea, y las conduce a un sistema de alcantarillado convencional.
- c) Alcantarillado sin arrastre de sólidos. Conocidos también como alcantarillados a presión, son sistemas en los cuales se eliminan los sólidos de los efluentes de la vivienda por medio de un tanque interceptor. El agua es transportada luego a una planta de tratamiento o sistema de alcantarillado convencional a través de tuberías de diámetro de energía uniforme y que, por tanto, pueden trabajar a presión en algunas secciones.

El tipo de alcantarillado que se use depende de las características de tamaño, topografía y condiciones económicas del proyecto. Por ejemplo, en algunas localidades pequeñas, con determinadas condiciones topográficas, se podría pensar en un sistema de alcantarillado sanitario inicial, dejando correr las aguas de lluvia por las calles, lo que permite aplazar la construcción de un sistema de alcantarillado pluvial hasta que sea una necesidad.

Unir las aguas residuales con las aguas de lluvia, alcantarillado combinado, es una solución económica inicial desde el punto de vista de la recolección, pero no lo será tanto cuando se piense en la solución global de saneamiento que incluye la planta de tratamiento de aguas

residuales, por la variación de los caudales, lo que genera perjuicios en el sistema de tratamiento de aguas. Por tanto hasta donde sea posible se recomienda la separación de los sistemas de alcantarillado de aguas residuales y pluviales.

Un sistema de alcantarillado por vacío consiste en un sistema de tuberías, herméticas, que trabajan con una presión negativa, vacío, que conducen las aguas de desecho a una estación de vacío, de donde son conducidas a un colector que las llevara a una planta de tratamiento o a un vertedero.

Un sistema de alcantarillado por vacío consta de cuatro componentes principales:

- Las líneas de gravedad de las casas a la caja de válvula.
- La válvula de vacío y la línea de servicio.
- Las líneas de vacío.
- La estación de vacío.

Las líneas de gravedad que se instalan comúnmente como parte de un sistema convencional por gravedad son adecuadas para su uso como parte del sistema de alcantarillado por vacío. Las líneas de gravedad de 4" o 6" se instalan generalmente con una pendiente del 2% del edificio hacia la línea colectora, las cuales deberán contar con una línea de aire. Las líneas por gravedad deberán construirse con tubería PVC RD-21, las cuales descargan en un tanque de colector, donde se encuentra la caja de la válvula de vacío.

La válvula de vacío debe operar sin electricidad. A medida que el nivel de las aguas negras en el tanque se eleva, presuriza el aire contenido en la manguera del sensor. El aire a presión opera la unidad controlador/sensor a través de una válvula de tres fases que aplica vacío de la línea al operador de la válvula. Este abre la válvula y activa un temporizador ajustable en el controlador. Después de un período de tiempo preestablecido la válvula se cierra. Una vez que las aguas negras han sido evacuadas, a través de las líneas colectoras, una cantidad preestablecida de aire es admitida para proveer la fuerza de propulsión para las aguas negras.

Las líneas colectoras de PVC de 3", 4", 6", 8" y 10" se instalan en un perfil en forma de diente de sierra. Las líneas colectoras principales conectan las cajas de válvula a la estación colectora. Es común utilizar tubería PVC

Hidráulica Cédula 40, RD-21 o RD-26, cementadas o con anillo de hule. En este último caso se recomienda un sello de hule tipo Doble-Reiber y solicitar del fabricante que el sello y la tubería hayan sido diseñadas para su uso en sistemas por vacío. El material debe ser certificado por el fabricante estableciendo que la tubería y las juntas operarán a un vacío de 24 pulgadas de mercurio y soportan una prueba de vacío a 24 pulgadas de mercurio por un período de 4 horas con una pérdida no mayor de 1% por hora.

La estación colectora central es el corazón del sistema de drenaje por vacío. La maquinaria instalada es similar a la de una estación convencional de rebombeo. El equipo principal comprende un tanque colector, bombas de vacío y bombas de descarga. Las bombas de descarga transfieren las aguas residuales del tanque colector, a través de un emisor, a la planta de tratamiento.

El tanque colector se fabrica con placa de acero o fibra de vidrio.

Las bombas de descarga de aguas negras - normalmente bombas centrífugas horizontales de cárcamo seco-deben diseñarse para manejar el flujo máximo de diseño.

Las bombas de vacío - normalmente bombas de paletas deslizantes y sello de aceite- deben poder proporcionar un rango último de vacío cercano a 29" Hg. La potencia de los motores está en función del gasto total pero se encuentra regularmente en el rango de 10 a 25 H.P. Bajo condiciones normales de operación estas bombas deben trabajar de 2 a 3 horas diarias.

Para áreas con gastos inusualmente altos se instala un tanque de reserva de vacío entre el tanque colector y las bombas de vacío - normalmente con un volumen de 400 galones - que realiza las siguientes funciones:

- Reduce la posibilidad de que las bombas de vacío reciban agua en condiciones críticas de operación.
- Actúa como una reserva de emergencia.
- Reduce la frecuencia de arranques de las bombas de vacío.

Se usará un sistema dual de bombas de vacío de anillo líquido o de paletas deslizantes. Cada bomba deberá poder manejar el volumen de aire de diseño en un rango de vacío de 16 a 20 pulgadas de mercurio. Deberá instalarse una válvula check entre el tanque colector y

las bombas de vacío. Finalmente cada bomba de vacío deberá contar con una tubería de expulsión de aire individual hacia fuera de la estación.

Las bombas de vacío deben diseñarse para manejar el flujo de las válvulas de vacío ajustadas a una proporción aire-líquido 2:1. (en tiempo de admisión). Deberá aumentarse un factor que toma en cuenta la expansión del aire en la tubería. Se recomienda un tamaño mínimo de 150 CFM a fin de mantener las velocidades altas del sistema y permitir una más fácil operación del sistema en caso de algún mal funcionamiento del mismo.

Las bombas de descarga deben diseñarse para manejar el gasto máximo extraordinario. El tamaño de las bombas de descarga debe calcularse conforme a los procedimientos normales de diseño para líneas a presión.

Sin embargo debe considerarse una carga adicional de 23 pies para vencer la presión negativa de 20" Hg. en el tanque colector.

Las bombas deben de contar con sistema de doble sello presurizado y lubricado conforme a las especificaciones normales del fabricante y deberán ser del tipo centrifugas horizontales con impulsor inatascable aunque pueden utilizarse bombas sumergibles. Las bombas de descarga deberán contar con válvulas check y válvulas de cierre que les permitan ser aisladas para operaciones de mantenimiento.

Deberá instalarse una línea equalizadora de 1"- de preferencia con tubería transparente- en cada bomba de descarga. Su propósito es eliminar el aire de la bomba e igualar el vacío a ambos lados del impulsor. Esto permite

**Tabla 1.1 Cuadro de desempeño del sistema de alcantarillado sanitario por vacío**

Característica de desempeño	Alcantarillado sanitario por vacío	
	Requerimiento	Método de prueba*
Tubería y conexiones	Especificaciones	NMX-E-145/1-SCFI-2002 NMX-E-145/3-SCFI-2002 (ASTM-D-1784) (ASTM-D-2665)
	Dimensiones	NMX-E-021-SCFI-2001
Pruebas mecánicas	Presión hidráulica interna por largo periodo	NMX-E-013-1998-SCFI (ASTM-D-2241)
	Resistencia al aplastamiento	NMX-E-014-SCFI-1999
	Presión hidráulica interna a corto periodo	NMX-E-016-SCFI-1999 (ASTM D 1599)
	Resistencia al Impacto	NMX-E-029-SCFI-2000
	Hermeticidad de la unión espiga campana en tubos y conexiones	NMX-E-129-SCFI-2001 (ASTM-D-2672) (ASTM-D-3139)
	Reversión térmica	NMX-E-179-1998-SCFI
	Temperatura de ablandamiento Vicat	NMX-E-213-199-SCFI
Pruebas químicas	Determinación de metales por adsorción atómica	NMX-AA-051-SCFI-2001
	Contenido de metales pesados	NMX-BB-093-1989
	Extracción de metales pesados por contacto con agua	NMX-E-028-1991
	Compuestos de Poli(cloruro de vinilo) PVC	NMX-E-031-SCFI-2000
	Resistencia al cloruro de metileno de los tubos de plásticos	NMX-E-131-1999-SCFI
Sistema	Hermeticidad del sistema	(ASTM-D-2665)

\*Norma vigente o la que la sustituya

a la bomba arrancar sin tener que bombear contra la presión negativa en el tanque colector. Se recomienda PVC transparente para las líneas ecualizadoras de manera que cualquier pequeña obstrucción o fuga sea claramente visible para el operador.

El volumen de operación del tanque colector es la acumulación de aguas negras requerido para el arranque de la bomba de descarga. Normalmente su tamaño se calcula para que a flujo mínimo, la bomba opere cada 15 minutos. El volumen del tanque colector es de (tres) veces el volumen de operación con un tamaño mínimo de 1,000 galones. Al diseñar el tanque colector, la succión de las bombas de descarga deberá colocarse en la parte más baja del tanque y lo más alejada posible de las descargas de aguas negras provenientes de las líneas de vacío. Los codos de las líneas de vacío dentro del tanque deberán ser girados en ángulo de modo que descarguen lejos de la succión de las bombas de descarga.

### 1.1.2 Red de atarjeas

La red de atarjeas tiene por objeto recolectar y transportar las aportaciones de las descargas de aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, hacia los colectores e interceptores.

La red está constituida por un conjunto de tuberías por las que son conducidas las aguas residuales captadas. El ingreso del agua a las tuberías es paulatino a lo largo de la red, acumulándose los caudales, lo que da lugar a ampliaciones sucesivas de la sección de los conductos en la medida en que se incrementan los caudales. De esta manera se obtienen en el diseño las mayores secciones en los tramos finales de la red. No es admisible diseñar reducciones en los diámetros en el sentido del flujo cuando se mantiene la pendiente de la tubería siendo caso contrario cuando la pendiente se incrementa podrá diseñarse un diámetro menor siempre cubriendo el gasto de diseño y los límites de velocidad.

La red se inicia con la descarga domiciliar o albañal, a partir del paramento exterior de las edificaciones. El diámetro del albañal en la mayoría de los casos es de 15 cm, siendo éste el mínimo recomendable, sin embargo, esta dimensión puede variar en función de las disposiciones de las autoridades locales. La conexión entre albañal y atarjea debe ser hermética y la tubería de interconexión debe de tener una pendiente mínima del 1%. En caso de

que el diámetro del albañal sea de 10 cm, se debe considerar una pendiente de 2 %.

A continuación se tienen las atarjeas, localizadas generalmente al centro de las calles, las cuales van recolectando las aportaciones de los albañales. El diámetro mínimo que se utiliza en la red de atarjeas de un sistema de drenaje separado es de 20 cm, y su diseño, en general debe seguir la pendiente natural del terreno, siempre y cuando cumpla con los límites máximos y mínimos de velocidad y la condición mínima de tirante.

La estructura típica de liga entre dos tramos de la red es el pozo de visita, que permite el acceso del exterior para su inspección y maniobras de limpieza; también tiene la función de ventilación de la red para la eliminación de gases. Las uniones de la red de las tuberías con los pozos de visita deben ser herméticas.

Los pozos de visita deben localizarse en todos los cruces, cambios de dirección, pendiente y diámetro y para dividir tramos que exceden la máxima longitud recomendada para las maniobras de limpieza y ventilación (ver apartado 2.2.2).

Las separaciones máximas entre pozos de visita se indican en el apartado 3.1.6.1

Con objeto de aprovechar al máximo la capacidad de los tubos, en el diseño de las atarjeas se debe dimensionar cada tramo con el diámetro mínimo, que cumpla las condiciones hidráulicas definidas por el proyecto.

Para realizar un análisis adecuado de la red de atarjeas, se requiere considerar, en forma simultánea, las posibles alternativas de trazo y funcionamiento de colectores, emisores y descarga final, como se describe en las secciones correspondientes.

Modelos de configuración de atarjeas y características técnicas

El trazo de atarjeas generalmente se realiza coincidiendo con el eje longitudinal de cada calle y de la ubicación de los frentes de los lotes. Los trazos más usuales se pueden agrupar en forma general en los siguientes tipos:

#### a) Trazo en bayoneta

Se denomina así al trazo que iniciando en una cabeza de atarjea tiene un desarrollo en zigzag o en escalera (ver Figura 1.1).

### Características técnicas

Reducir el número de cabezas de atarjeas y permite un mayor desarrollo de las atarjeas, con lo que los conductos adquieren un régimen hidráulico establecido, logrando con ello aprovechar adecuadamente la capacidad de cada uno de los conductos.

Requiere de terrenos con pendientes suaves más o menos estables y definidas.

Para este tipo de trazo, en las plantillas de los pozos de visita, las medias cañas usadas para el cambio de dirección de las tuberías que confluyen, son independientes y con curvatura opuesta, no debiendo tener una diferencia mayor de 0.50 m entre las dos medias cañas.

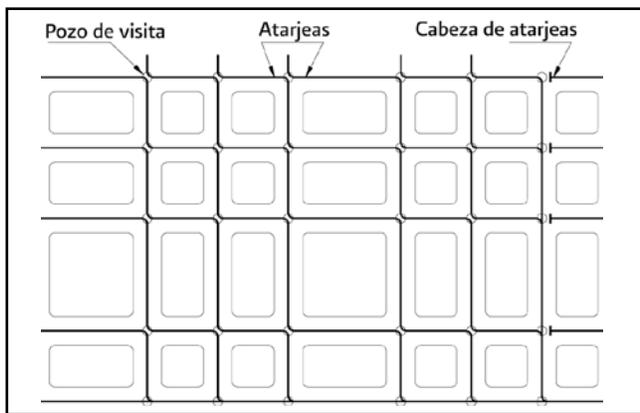


Figura 1.1 Trazo de la red de atarjeas en bayoneta

### b) Trazo en peine

Se forma cuando existen varias atarjeas con tendencia al paralelismo, empiezan su desarrollo en una cabeza de atarjea, descargando su contenido en una tubería común de mayor diámetro, perpendicular a ellas (ver Figura 1.2).



Figura 1.2 Trazo de la red de atarjeas en peine

### Características técnicas

Garantiza aportaciones rápidas y directas de las cabezas de atarjeas a la tubería común de cada peine, y de éstas a los colectores, propiciando rápidamente un régimen hidráulico establecido.

Tiene una amplia gama de valores para las pendientes de las cabezas de atarjeas, lo cual resulta útil en el diseño cuando la topografía es muy irregular.

Debido al corto desarrollo que generalmente tienen las atarjeas antes de descargar a un conducto mayor, en la mayoría de los casos aquellas trabajan por abajo de su capacidad, ocasionando que se desaproveche parte de dicha capacidad.

### c) Trazo combinado

Corresponde a una combinación de los dos trazos anteriores y a trazos particulares obligados por los accidentes topográficos de la zona (ver Figura 1.3).

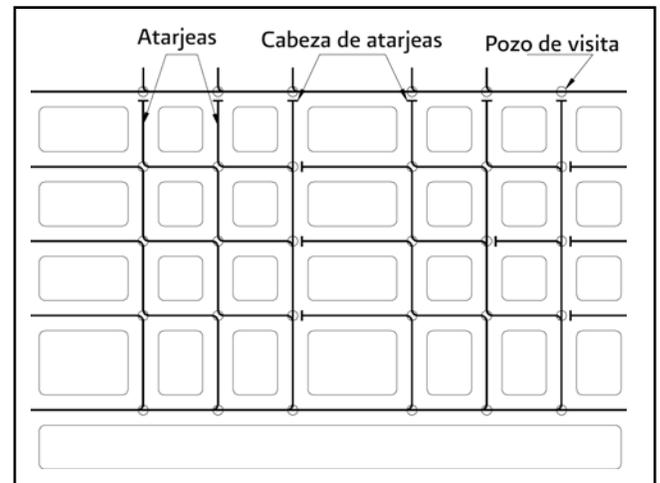


Figura 1.3 Trazo combinado en red de atarjeas

Aunque cada tipo de trazo tiene características particulares respecto a su uso, el modelo de bayoneta tiene cierta ventaja sobre otros modelos, en lo que se refiere al aprovechamiento de la capacidad de las tuberías. Sin embargo este no es el único punto que se considera en la elección del tipo trazo, pues depende fundamentalmente de las condiciones topográficas del sitio en estudio.

### 1.1.3. Colectores e interceptores

Son las tuberías que tienen aportación de los colectores de los colectores y terminan en un emisor, en la planta de tratamiento o en un sistema de reúso.

Por razones de economía, los colectores e interceptores deben ser en lo posible una réplica subterránea del drenaje superficial natural.

### 1.1.4 Emisores

Son el conducto que recibe las aguas de uno o varios colectores o interceptores. No recibe ninguna aportación adicional (atarjeas o descargas domiciliarias) en su trayecto y su función es conducir las aguas residuales a la planta de tratamiento o a un sistema de reúso. También se le denomina emisor al conducto que lleva las aguas tratadas (efluente) de la planta de tratamiento al sitio de descarga.

El escurrimiento debe ser por gravedad, excepto en donde se requiere el bombeo para las siguientes condiciones:

- Elevar las aguas residuales de un conducto profundo a otro más superficial, cuando constructivamente no es económico continuar con las profundidades resultantes.
- Conducir las aguas residuales de una cuenca a otra.
- Entregar las aguas residuales a una planta de tratamiento o a una estructura determinada de acuerdo a condiciones específicas que así lo requieran.

#### 1.1.4.1 Emisores a gravedad

Las aguas residuales de los emisores que trabajan a gravedad generalmente se conducen por ductos cerrados, o bien por estructuras diseñadas especialmente cuando las condiciones de proyecto (gasto, profundidad, etc.) lo ameritan.

#### 1.1.4.2 Emisores a presión

Cuando la topografía no permite que el emisor sea a gravedad, en parte o en su totalidad, será necesario recurrir a un emisor a presión. También la localización de la planta de tratamiento o del sitio de vertido, puede obligar a tener un tramo de emisor a bombeo.

En estos casos es necesario construir una estación de bombeo para elevar el caudal de un tramo de emisor a gravedad, a otro tramo que requiera situarse a mayor elevación o bien alcanzar el nivel de aguas máximas extraordinarias del cuerpo receptor, en cuyo caso el tramo de emisor a presión puede ser desde un tramo corto hasta la totalidad del emisor.

El tramo a presión debe ser diseñado hidráulicamente debiendo estudiarse las alternativas necesarias para establecer su localización más adecuada, tipo y clase de tubería, así como las características de la planta de bombeo y la estructura de descarga.

En casos particulares, en los que exista en la localidad zonas sin drenaje natural, se puede utilizar un emisor a presión para transportar el agua residual del punto más bajo de esta zona, a zonas donde existan colectores que drenen por gravedad.

### 1.1.5 Modelos de configuración para colectores, interceptores y emisores

Para recolectar las aguas residuales de una localidad, se debe seguir un modelo de configuración para el trazo de los colectores, interceptores y emisores el cual fundamentalmente depende de:

- a) La topografía predominante
- b) El trazo de las calles
- c) El o los sitios de vertido
- d) La disponibilidad de terreno para ubicar la planta o plantas de tratamiento.

En todos los casos deben de realizarse los análisis de alternativas que se requieran, tanto para definir los sitios y números de bombes a proyectar, como el número de plantas de tratamiento y sitios de vertido, con objeto de asegurar el proyecto de la alternativa técnico-económica más adecuada, con lo cual se elaboran los planos generales y de alternativas.

A continuación se describen los modelos de configuración más usuales.

#### 1.1.5.1 Modelo perpendicular

En el caso de una comunidad paralela a una corriente, con terreno con una suave pendiente hacia ésta, la mejor

forma de coleccionar las aguas residuales se logra colocando tuberías perpendiculares a la corriente (ver Figura 1.4).

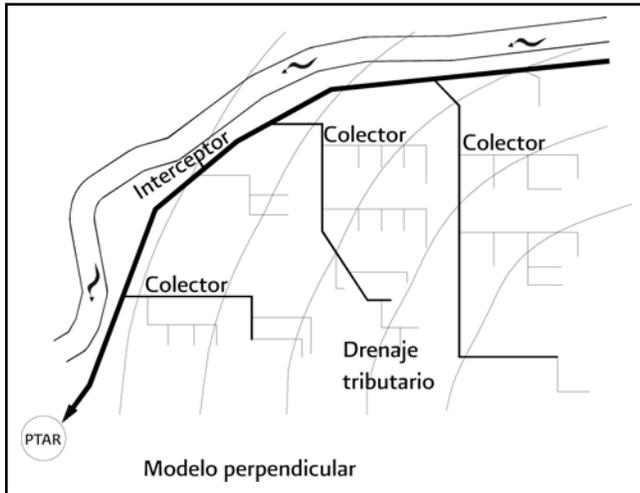


Figura 1.4 Modelo Perpendicular

Adicionalmente debe analizarse la conveniencia de conectar los colectores, con un interceptor paralelo a la corriente, para tener el menor número de descargas.

### 1.1.5.2 Modelo radial

En este modelo las aguas residuales fluyen hacia el exterior de la localidad, en forma radial a través de colectores (ver Figura 1.5).

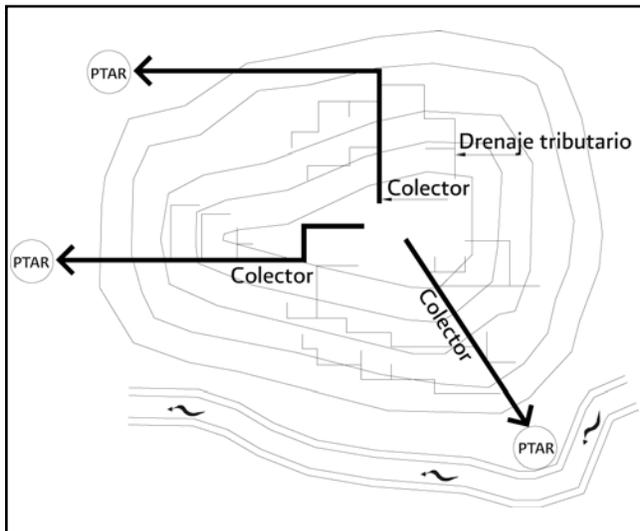


Figura 1.5 Modelo radial

### 1.1.5.3 Modelo de interceptores

Este tipo de modelo se emplea para recolectar aguas residuales en zonas con curvas de nivel más o menos paralelas, sin grandes desniveles y cuyas tuberías principales (colectores) se conectan a una tubería mayor (interceptor) que es la encargada de transportar las aguas residuales hasta un emisor o una planta de tratamiento (ver Figura 1.6).

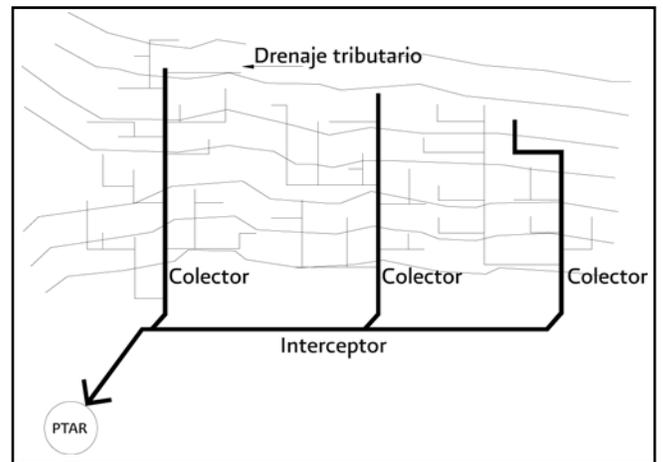


Figura 1.6 Modelo de Interceptores

### 1.1.5.4 Modelo de abanico

Cuando la localidad se encuentra ubicada en un valle, se pueden utilizar las líneas convergentes hacia una tubería principal (colector) localizada en el interior de la localidad, originando una sola tubería de descarga (ver Figura 1.7).

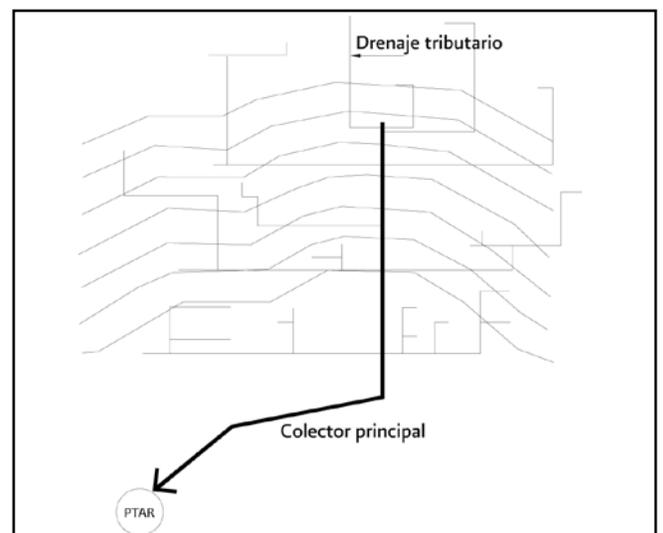


Figura 1.7 Modelo de abanico

## 2. Componentes de un sistema de alcantarillado

Una red de alcantarillado sanitario se compone de varios **elementos certificados**, tales como de tuberías, conexiones, anillos y obras accesorias: descargas domiciliarias, pozos de visita, estructuras de caída, sifones y cruzamientos especiales. Por otra parte en los sistemas a presión se utilizan estaciones de bombeo para el desalojo de las aguas residuales.

**La expectativa de vida útil de los elementos** que conforman una red de alcantarillado sanitario debe ser de al menos 50 años.

**Todos los elementos que conforman la red de alcantarillado sanitario y su instalación deben cumplir con la norma oficial mexicana NOM-001-CONAGUA-1995 Sistema de alcantarillado sanitario – Especificaciones de hermeticidad.**

Cuando alguno de los elementos que conforma la red de alcantarillado sanitario carezca de norma mexicana para regular su calidad se debe asegurar que éstos cumplan con las especificaciones internacionales o en su defecto con las del país de origen (Art. 53 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización).

En este subcapítulo se hace una descripción de cada uno de los componentes de una red de alcantarillado sanitario, sus tipos, características técnicas en base a la información recopilada con los fabricantes.

### 2.1 Tuberías

La tubería de alcantarillado se compone de tubos y conexiones acoplados mediante un sistema de unión hermético, el cual permite la conducción de las aguas residuales.

En la selección del material de la tubería de alcantarillado, intervienen diversas características tales como: resistencia mecánica, resistencia estructural del material, durabilidad, capacidad de conducción, características de los suelos y agua, economía, facilidad de manejo, colocación e instalación, flexibilidad en su diseño y facilidad de mantenimiento y reparación.

Las tuberías para alcantarillado sanitario se fabrican de diversos materiales, tales como:

- 2.1.1 Acero (Tablas 2.1, 2.2., 2.3 y 2.4)
- 2.1.2 Concreto simple (CS) y concreto reforzado (CR) (Tablas 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9 y 2.10)
- 2.1.3 Concreto reforzado con revestimiento interior (CRRi)
- 2.1.4 Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) (Tablas 2.11 y 2.12)
- 2.1.5 Poli (cloruro de vinilo) (PVC) (pared sólida y estructurada) (Tablas 2.13, 2.14, 2.15, 2.16, 2.17, 2.18, 2.19, 2.20, 2.21 y 2.22)
- 2.1.6 Fibrocemento (FC) (Tablas 2.23 y 2.24)
- 2.1.7 Polietileno de alta densidad (PEAD) (Pared sólida corrugada y estructurada) (Tablas 2.25 y 2.26)

En los sistemas de alcantarillado sanitario a presión se pueden utilizar diversos tipos de tuberías para conducción de agua potable, siempre y cuando reúnan las características para conducir aguas residuales.

A continuación, se detallan las características de las tuberías de alcantarillado mencionadas y de los sistemas de unión entre tuberías de los diversos materiales utilizados.

## 2.1.1 Acero

**Tabla 2.1 Información general de la tubería de acero**

Material	Tipo de tubo	Norma aplicable	Diámetros nominal (mm)	Sistema de unión	Longitud total (m)
Acero	Sin Costura	NMX-B-177 ASTM A 53/A	60 3 mm a 508 mm	Soldadura	14 5 m máx.
	Con costura recta (longitudinal)	NMX-B-177 NMX-B-184 ISO 3183 (API 5L) Grados B X42 HASTA X60 ASTM A 53/A Y B AWWA C 200	50 mm a 600 mm	Soldadura bridas coples o ranuras (moldeadas o talladas) con junta mecánica	6 15 a 12 30 m
	Costura helicoidal	NMX-B-177 NMX-B-182 ISO 3183 (API 5L) ASTM A 53/A ASTM A 134 AWWA C 200	219 mm a 3048 mm	soldadura bridas coples o ranuras (moldeadas o talladas) con junta mecánica	6 a 13 m

**Tabla 2.2 Propiedades de la tubería de acero al carbono**

Parámetro	Símbolo	Valor
Módulo de Elasticidad de Young	E	206 800 MPa
Relación de Poisson	$\nu$	0.30
Momento de Inercia sección circular	I	$I = \frac{\pi}{64} (D_o^4 - D_i^4)$
Rigidez de la tubería	PS	$6.7 E I_{\text{pared}} / r^3$
Momento de inercia de la sección transversal de la pared de la tubería por unidad de longitud (b), en $\text{cm}^4/\text{cm} = \text{cm}^3$	$I_{\text{pared}}$	$I_{\text{pared}} = t^3/12$
Módulo de Sección	S	$S = \frac{\pi}{32 \times D_o} (D_o^4 - D_i^4)$

$D_o$ .- Diámetro exterior de la tubería,  $D_i$ .- Diámetro interior de la tubería,  $\pi$ .- Pi = 3.1416, r.- radio promedio de la tubería, cm, t.- espesor de pared de la tubería, cm.

**Tabla 2.3 Información específica de la tubería de acero**

Tamaño nominal	Diámetro exterior	espesor	Diámetro interior	Peso teórico	Area de metal	Area transversal interna	Momento de inercia	Modulo elástico de la sección	Rigidez de la tubería= [6.7 E I <sub>pared</sub> ] / r <sup>3</sup>
	mm	mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	Mpa
50	60.30	3.91	52.48	5.44	6.927	21.631	27.665	9.18	307.93
		4.78	50.74	6.54	8.337	20.220	32.363	10.73	589.48
		5.54	49.22	7.48	9.531	19.027	36.090	11.97	957.00
		6.35	47.60	8.45	10.763	17.795	39.699	13.17	1506.19
		7.14	46.02	9.36	11.924	16.636	42.882	14.28	2238.07
65	73.00	3.96	65.08	6.74	8.589	33.265	51.343	14.07	174.31
		4.37	64.26	7.40	9.422	32.432	55.698	15.26	238.47
		4.78	63.44	8.04	10.284	31.609	59.890	16.41	317.75
		5.16	62.68	8.63	10.997	30.857	63.632	17.43	406.47
		5.49	62.02	9.14	11.644	30.210	66.773	18.29	496.76
		6.35	60.30	10.44	13.296	28.558	74.501	20.41	798.83
		7.01	58.98	11.41	14.533	27.321	79.999	21.92	1107.27
80	88.9	4.78	79.34	9.92	12.632	49.440	112.095	25.22	169.48
		5.49	77.92	11.29	14.386	47.686	125.651	28.27	263.39
		6.35	76.20	12.93	16.468	45.604	141.107	31.75	420.44
		7.14	74.62	14.40	18.340	43.732	154.412	34.74	615.19
		7.62	73.66	15.27	19.458	42.614	162.094	36.47	761.11
100	114.3	4.78	104.74	12.91	16.446	86.162	247.06	43.23	76.80
		5.56	103.18	14.91	18.994	83.615	281.47	49.25	123.48
		6.02	102.26	16.07	20.478	82.130	301.05	52.68	158.74
		6.35	101.60	16.90	21.535	81.073	314.78	55.08	188.01
		7.14	100.02	18.87	24.037	78.587	346.56	59.21	273.23
		7.92	98.46	20.78	26.469	76.140	376.50	65.88	381.18
		8.56	97.18	22.32	28.436	74.173	400.03	70.00	490.05

Tamaño nominal	Diámetro exterior	espesor	Diámetro interior	Peso teórico	Area de metal	Area transversal interna	Momento de inercia	Modulo elástico de la sección	Rigidez de la tubería= [6.7 E I <sub>wal</sub> ]/r <sup>3</sup>
	mm	mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	Mpa
125	139.7	4.78	130.14	16.09	20.261	133.019	461.60	66.08	41.08
		5.56	128.58	18.61	23.431	129.849	527.91	75.58	65.78
		6.55	126.60	21.77	27.399	125.880	608.66	87.14	107.46
		7.14	125.42	23.62	29.735	123.545	655.02	93.78	144.34
		7.92	123.86	26.05	32.789	120.491	714.33	102.27	200.52
		8.74	122.22	28.57	35.958	117.321	774.32	110.85	274.57
		9.52	120.66	30.94	38.934	114.345	829.18	118.71	361.25
150	168.3	4.78	158.74	19.27	24.555	197.908	821.43	97.62	23.07
		5.56	157.18	22.31	28.426	194.037	942.16	111.96	36.84
		6.35	155.60	25.36	32.308	190.156	1060.83	126.06	55.68
		7.11	154.08	28.26	36.005	186.459	1171.63	139.23	79.27
		7.92	152.46	31.32	39.905	182.559	1286.16	152.84	111.24
		8.74	150.82	34.39	43.811	178.652	1398.45	166.18	151.81
		9.52	149.26	37.28	47.488	174.976	1501.91	178.48	199.09
200	219.1	4.78	209.54	25.26	32.184	344.846	1848.81	168.76	10.25
		5.16	208.78	27.22	34.681	342.349	2006.03	181.23	12.96
		5.56	207.98	29.28	37.300	339.730	2127.49	194.20	16.31
		6.35	206.40	33.31	42.442	334.588	2403.42	219.39	24.56
		7.04	205.02	36.31	46.901	330.129	2639.30	240.92	33.80
		7.92	203.26	41.42	52.545	324.485	2933.29	267.64	48.72
		8.18	202.74	42.55	54.203	322.827	3018.70	275.55	53.88
		8.74	201.62	45.34	57.760	319.270	3221.11	292.15	66.25
		9.52	200.06	49.20	62.681	314.349	3448.60	314.80	86.58
		10.31	198.48	53.08	67.627	309.403	3694.08	337.20	111.22
		11.13	196.84	57.08	72.719	304.311	3942.76	359.90	141.59
		12.70	193.70	64.64	82.350	294.680	4401.85	401.81	215.19

Tamaño nominal	Diámetro exterior	espesor	Diámetro interior	Peso teórico	Area de metal	Area transeversal interna	Momento de inercia	Modulo elástico de la sección	Rígidez de la tubería= [6.7 E I <sub>pared</sub> ]/r <sup>3</sup>
	mm	mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	Mpa
250	273.0	4.78	263.44	31.62	40.278	545.073	3623.27	265.44	5.23
		5.16	262.68	34.08	43.419	541.932	3894.92	285.34	6.60
		5.56	261.88	36.67	46.715	538.636	4178.33	306.10	8.30
		6.35	260.30	41.75	53.194	532.156	4730.48	346.56	12.47
		7.09	258.82	46.49	59.229	526.122	5238.65	383.78	17.51
		7.80	257.40	51.01	64.986	520.365	5718.10	418.91	23.50
		8.74	255.52	56.96	72.559	512.791	6340.76	464.52	33.42
		9.27	254.46	60.29	76.805	508.546	6685.83	489.80	40.11
		11.13	250.74	71.87	91.565	493.785	7863.16	576.06	70.92
		12.70	247.60	81.52	103.855	481.495	8816.98	645.93	107.28
300	323.8	4.78	314.24	37.62	47.907	775.557	6095.93	376.52	3.11
		5.16	313.48	40.55	51.654	770.334	6557.30	405.02	3.92
		5.56	312.68	43.63	55.588	767.876	7039.35	434.80	4.93
		6.35	311.10	49.71	63.329	760.135	7980.58	492.93	7.39
		7.14	309.52	55.75	71.030	752.434	8907.57	550.19	10.59
		7.92	307.96	61.69	78.596	744.868	9809.02	605.87	14.56
		8.38	307.04	65.18	83.039	740.425	10334.25	638.31	17.32
		8.74	306.32	67.90	86.508	736.956	10742.03	663.50	19.72
		9.52	304.76	73.78	93.995	729.469	11615.73	717.46	25.67
		10.31	303.18	79.70	101.539	721.925	12487.06	771.28	32.86
		11.13	301.54	85.82	109.328	714.136	13377.18	826.26	41.66
		12.70	298.40	97.43	124.124	699.340	15041.38	929.05	62.84
350	355.6	5.56	344.48	47.99	61.143	932.006	9366.95	526.83	3.70
		6.35	342.90	54.69	69.672	923.477	10626.43	597.66	5.55
		7.14	341.32	61.35	78.163	914.986	11868.62	667.53	7.95
		7.92	339.76	67.90	86.508	906.641	13078.28	736.59	10.92
		8.74	338.12	74.76	95.239	897.910	14332.13	806.08	14.78
		9.52	336.56	81.25	103.506	889.643	15508.00	872.22	19.23
		10.31	334.98	87.79	111.839	881.310	16682.40	938.27	24.59
		11.13	333.34	94.55	120.447	872.702	17883.95	1005.85	31.16
		11.91	331.78	100.94	128.597	864.552	19010.54	1069.21	38.44
		12.70	330.20	107.39	136.811	856.338	20135.50	1132.48	46.93

Tamaño nominal	Diámetro exterior	espesor	Diámetro interior	Peso teórico	Area de metal	Area transversal interna	Momento de inercia	Modulo elástico de la sección	Rigidez de la tubería= [6.7 E I <sub>wal</sub> ]/r <sup>3</sup>
	mm	mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	Mpa
400	406.4	5.56	395.28	54.96	70.016	1227.158	14064.76	692.16	2.47
		6.35	393.70	62.64	79.807	1217.368	15969.34	785.89	3.69
		7.14	392.12	70.30	89.558	1207.616	17851.12	878.50	5.28
		7.92	390.56	77.83	99.148	1198.026	19686.89	968.84	7.25
		8.74	388.92	85.71	109.188	1187.986	21593.24	1062.66	9.81
		9.52	387.36	93.17	118.699	1178.475	23384.35	1150.80	12.75
		11.13	384.14	108.49	138.210	1158.964	27013.56	1329.41	20.62
		11.91	382.58	115.86	147.604	1149.570	28739.31	1414.34	25.42
		12.70	381.00	123.30	157.080	1140.094	30465.80	1499.30	31.01
450	457	6.35	444.30	70.60	89.901	1550.40	22826.48	998.97	2.58
		7.14	442.72	79.24	100.908	1539.39	25532.93	1117.41	3.69
		7.92	441.16	87.75	111.738	1528.56	28176.84	1233.12	5.07
		8.74	439.52	96.66	123.814	1517.22	30926.26	1353.45	6.85
		9.52	437.96	105.10	133.832	1506.47	33513.15	1466.66	8.89
		10.31	436.38	113.62	144.682	1495.62	36105.18	1580.10	11.36
		11.13	434.74	122.43	155.903	1484.40	38766.03	1696.54	14.37
		11.91	433.18	130.78	166.537	1473.76	41269.29	1806.10	17.70
		12.70	431.60	139.20	177.268	1463.03	43777.23	1915.85	21.57
500	508	5.56	496.88	68.89	87.763	1939.07	27697.56	1090.46	1.25
		6.35	495.30	78.55	100.075	1926.76	31485.21	1239.58	1.87
		7.14	493.72	88.19	112.348	1914.49	35236.80	1387.28	2.68
		7.92	492.16	97.67	124.427	1902.41	38905.72	1531.72	3.67
		8.74	490.52	107.60	137.085	1889.75	42725.36	1682.10	4.96
		9.52	488.96	117.02	149.086	1877.75	46323.29	1823.75	6.43
		10.31	487.38	126.53	161.201	1865.63	49932.42	1971.21	8.21
		11.13	485.74	136.37	173.736	1853.10	53641.67	2111.88	10.38
		11.91	484.18	145.70	185.619	1841.22	57135.28	2249.42	12.78
		12.70	482.60	155.12	197.616	1829.22	60639.42	2387.38	15.57

Tamaño nominal	Diámetro exterior	espesor	Diámetro interior	Peso teórico	Area de metal	Area transversal interna	Momento de inercia	Modulo elástico de la sección	Rigidez de la tubería = $[6.7 E \frac{I_{pared}}{r^3}] / r^3$
	mm	mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	Mpa
600	610	6.35	597.30	94.46	120.42	2802.05	54857.79	1798.62	1.08
		7.14	595.72	106.08	135.23	2787.25	61442.58	2014.51	1.53
		7.92	594.16	117.51	149.81	2772.67	67892.82	2225.99	2.10
		8.74	592.52	129.50	165.09	2757.38	74619.28	2446.53	2.84
		9.52	590.96	140.88	179.59	2742.88	80965.99	2654.62	3.68
		10.31	589.38	152.37	194.24	2728.23	87343.05	2863.71	4.69
		11.13	587.74	164.26	209.40	2713.07	93908.24	3078.96	5.93
		11.91	586.18	175.54	223.78	2698.69	100102.39	3282.05	7.29
		12.70	584.60	186.94	238.31	2684.16	106325.75	3486.09	8.88

Nota 1: Coeficiente de mannig del tubo de acero con recubrimiento (revestido): 0.011

Nota 2: Coeficiente de mannig del tubo sin recubrimiento (revestido) ó tubo galvanizado: 0.014

**Tabla 2.4 Especificaciones técnicas de la tubería de acero al carbono, soldada por resistencia eléctrica de alta frecuencia (HFW) fabricada bajo ISO 3183 (API 5L), NMX-B-177**

Requerimientos de tensión			
Especificación	Grado de acero	Limite elástico, Min., MPa	Resistencia a la última tensión Min., MPa
ISO 3183 (API 5L)	L245 (B)	245	415
	L290 (X42)	290	415
	L320 (X46)	320	435
	L360 (X52)	360	460
	L390 (X56)	390	490
	L415 (X60)	415	520
NMX B-177	B	241	414

### 2.1.1.1 Protección de superficie interior y exterior de tubería de acero

#### Recubrimiento exterior

Recubrimiento Anticorrosivo exterior a base de resina epóxica adherida por fusión (FBE.- Fusion Bonded Epoxic) cumpliendo con las Normas CAN/CSA Z245.20, AWWA C-213 y NRF-026-PEMEX. Certificación: API Especificación Q1, ISO 9001:2008.

Recubrimiento Anticorrosivo exterior Tricapa a base de Polietileno (3LPE.- Three Layer Polyethylene), cumple con Normas CAN/CSA Z245.21, DIN 30670 y NRF-026-PEMEX. Certificación: API Especificación Q1, ISO 9001:2008.

#### Protección interior y exterior

Galvanizado de tubería de acero por Inmersión en caliente según ISO 3183 (API 5L) / ASTM A53 y NMX-B-177.

Recubrimientos a base de alquitrán de hulla para el interior y exterior de tuberías de acero, de acuerdo a AWWA C203 Y C210.

Recubrimiento interior y exterior de tubería de acero a base de Resinas Epóxicas adheridas por Fusión (FBE) cumpliendo con AWWA C-213 Y NRF-026-PEMEX

#### Integridad de ductos de acero a largo plazo

Para asegurar la integridad y funcionamiento continuo durante largos períodos de tiempo, de los ductos de tubería de acero enterrados en el subsuelo, es necesario además del uso de los recubrimientos que funcionan como protección pasiva, el uso de la protección catódica ó activa.

#### Protección catódica

Los sistemas de protección catódica invierten la fuerza electroquímica corrosiva creando un circuito externo entre el ducto a ser protegido y un ánodo auxiliar (metal de sacrificio) inmerso en agua ó enterrado en el suelo a una distancia predeterminada de la tubería. La corriente directa aplicada al circuito es descargada desde la superficie del ánodo y viaja a través del electrolito circundante a la superficie de la tubería (cátodo).

### 2.1.2 Concreto simple (CS) y concreto reforzado (CR)

La tubería de concreto se compone principalmente de un aglutinante de cemento, agregados, acero y agua, a continuación se describen las características principales de cada uno

#### 2.1.2.1 Cemento

El cemento Tipo RS es un tipo especial de cemento destinado para las estructuras expuestas a la severa acción del sulfato. Posee una tasa menor de evolución de resistencia que la del cemento portland normal. El tipo RS es un cemento con un contenido máximo permitido de C3A del 5 por ciento, lo que le proporciona una mejor resistencia al sulfato que el cemento tipo portland.

#### 2.1.2.2 Refuerzo (armazón)

El tubo de concreto se fabrica con o sin armazón de acero conforme a los requerimientos y especificaciones aplicables del proyecto en cuestión. La mayor parte del tubo de concreto se fabrica con el refuerzo de acero. La cantidad de refuerzo de acero es sugerida en las normas NMX-C-402-ONNCEE-2004 o se determina por medio de un diseño especial. El tipo de armazón empleado depende de los procesos de producción y de la disponibilidad

#### 2.1.2.3 Agregados

Los agregados son material granular de composición mineral, tal como arena, grava o piedra triturada. Los agregados se combinan con un medio de cementación para formar el concreto. Los agregados deberán tener la suficiente resistencia para desarrollar la fuerza completa de la matriz de cementación y de las características adecuadas para que el material de enlace se adhiera a la superficie.

Los agregados se clasifican en términos generales en fino y grueso. El agregado fino consiste de material que varía desde un tamaño que pasa en la criba de 9.5 mm hasta un material que pasa por una criba de 150 µm. El agregado grueso varía desde el máximo tamaño para la arena a un límite superior variable, determinado por el grueso de la pared del tubo y por consideraciones de la producción. El tamaño máximo normalmente empleado en la fabricación del tubo es de 19-25 mm.

**Tabla 2.5 Información general de la tubería de concreto simple (CS) y concreto reforzado (CR)**

Material	Tipo	Norma	Diámetro nominal (cm)	Coefficiente de Manning	Sistema de unión	Longitud máxima (cm)
Concreto Simple	Junta Hermética	NMX-401-ONNCCE	15	0.012	Anillo de Hule Espiga-campana	125
			20			
			25			
			30			250
			38			
			45			
			61			
Concreto Reforzado	Junta Hermética	NMX-402-ONNCCE	30	0.012	Anillo de Hule Espiga-campana	250
			38			
			45			
			61			
			76		Anillo de Hule Esp. Caja	250
			91			
			107			
			122			
			152			
			183			
			213			
			244			
			305			

Para tubería de concreto reforzado con recubrimiento interior, el coeficiente de Manning es de 0.009.

### 2.1.2.4 Agua

El agua que se añade al cemento produce una reacción química conocida como hidratación. La característica física de esta reacción es la formación de un gel en el momento en que el cemento se expone al agua. Este gel se forma por la penetración del agua en las partículas del cemento lo cual causa un ablandamiento, y establece una suspensión coloidal. La absorción del agua por los gripos de partículas del cemento es la verdadera hidratación.

Sólo una pequeña cantidad de agua se requiere para la hidratación, pero se requiere de agua adicional para producir una mezcla funcional. Existe, sin embargo, una relación entre la cantidad de agua utilizada y la resistencia del concreto resultante. La cantidad de agua deberá estar limitada a aquella que producirá el concreto con la calidad requerida. Este no es comúnmente un factor del concreto que se use con el tubo de concreto prefabrica-

do ya que la mayoría del proceso de fabricación utiliza mezclas relativamente secas.

El agua que se utiliza para mezclar el concreto deberá estar libre de ácidos, álcalis y aceite, a menos que las pruebas o por experiencia se indique que el agua que se considera para el uso y que contiene algunos de estos materiales, es satisfactoria. Se deberá evitar el empleo del agua que contenga material orgánico ya que podría intervenir con la hidratación del cemento. La mayoría de las especificaciones requieren que el agua para la mezcla sea también potable.



Figura 2.1 Tubo con espiga-campana

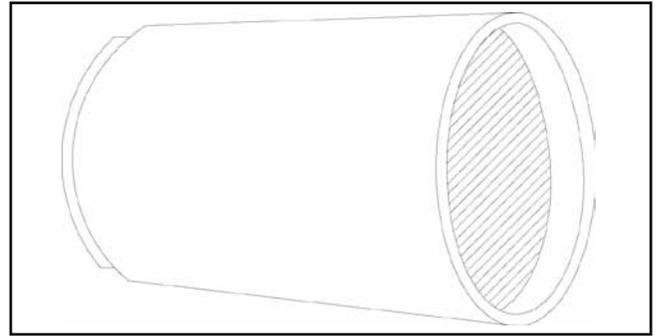


Figura 2.2 Tubo con espiga-caja

**Tabla 2.6 Clasificación de la tubería de concreto simple (CS)**

Diámetro		Espesor recomendado de pared (mm)	Carga mínima de ruptura			
Nominal (Dn) en mm	Real (Dr) (mm)		Grado 1 Resistencia mínima del concreto 27.6 MPa (280 kgf/cm <sup>2</sup> )		Grado 2 Resistencia mínima del concreto 34.5 MPa (350 kgf/cm <sup>2</sup> )	
			kN/m	(kgf/cm <sup>2</sup> )	kN/m	(kgf/cm <sup>2</sup> )
100	101	23	14.7	(1.490)	20.6	(2.100)
150	152	27	16.2	(1.640)	20.6	(2.100)
200	203	29	19.0	(1.930)	21.9	(2.235)
250	254	33	20.5	(2.080)	22.7	(2.310)
300	305	47	21.5	(2.230)	24.8	(2.530)
380	381	53	25.6	(2.600)	28.9	(2.950)
450	457	61	29.4	(2.980)	34.1	(3.480)
600	610	75	35.2	(3.570)	43.8	(4.470)

**Grados de los tubos de concreto reforzado**

**Tabla 2.7 Requisitos de diseño para tubos de concreto reforzado Grado 1**

Carga M para producir la primera grieta de 0.25 mm 50 N/m/mm (5.1 kgf/m/mm) Carga M para producir una ruptura: 75 N/m/mm (7.6 kgf/m/mm)															
Diámetro interno		Refuerzo cm <sup>2</sup> /m de pared de tubo												Resistencia en kgf/m Método de los tres apoyos	
		Resistencia del concreto 27.6 MPa (280 kgf/cm <sup>2</sup> )						Pared C							
		Pared A			Pared B			Pared C			Pared C				
Nom (Dn) mm	Real (Dr) mm	Esesor de pared (mm)	Refuerzo circular cm <sup>2</sup> /m		Refuerzo elíptico	Esesor de pared (mm)	Refuerzo circular cm <sup>2</sup> /m		Refuerzo elíptico	Esoso de Pared (mm)	Refuerzo circular cm <sup>2</sup> /m		Refuerzo elíptico	Carga para la grieta	Carga máxima
			Jaula interior	Jaula Exterior	Refuerzo elíptico		Jaula interior	Jaula exterior	Refuerzo elíptico		Jaula interior	Jaula exterior	Refuerzo elíptico		
300	305	44	1.5	-----	-----	51	1.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1 555	2 318
380	381	47	1.5	-----	-----	57	1.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1 943	2 896
450	457	50	1.5	-----	1.5	63	1.5	-----	1.5	-----	-----	-----	-----	2 330	3 473
610	610	63	2.8	-----	2.3	76	1.5	-----	1.5	-----	-----	-----	-----	3 111	4 636
760	762	70	3.2	-----	3.0	89	3.0	-----	2.5	-----	-----	-----	-----	3 886	5 791
910	914	76	3.0	2.1	3.2	101	2.5	1.9	2.8	120	1.48	1.48	1.69	4 661	6 946
1 070	1 067	89	3.4	2.5	3.8	114	3.2	2.5	3.6	133	2.12	1.69	2.33	5 441	8 109
1 220	1 219	101	4.4	3.4	4.9	127	3.8	3.0	4.2	146.1	2.96	2.33	3.17	6 217	9 264
1 370	1 371	114	5.3	3.2	5.9	140	4.7	2.7	5.0	1 587	3.60	2.12	4.02	6 992	10 419
1 520	1 524	127	6.4	4.7	7.0	152	5.3	4.0	5.9	171.5	4.65	3.60	5.08	7 772	11 582
1 830	1 829	152	8.7	6.4	9.5	178	7.4	5.5	8.3	196.9	6.35	4.87	6.98	9 328	13 900
2 130	2 134	-----	-----	-----	-----	203	9.7	7.2	10.3	-----	-----	-----	-----	10 218	16 218

**Tabla 2.8 Requisitos de diseño para tubos de concreto reforzado Grado 2**

Carga M para producir la primera grieta de 0.25 mm 70 N/m/mm (7.1 kgf/m/mm) Carga M para producir una ruptura: 100 N/m/mm (10.2 kgf/m/mm)																			
Diámetro Interno	Reforzamiento del concreto 27.6 MPa (280 kgf/m/mm)											Resistencia en kgf/m Método de los tres apoyos							
	Nom (Dn) mm	Real (Dr) mm	Pared A			Pared B			Pared C			Carga para la grieta máxima	Resistencia en kgf/m Método de los tres apoyos						
			Esesor de pared (mm)	Reforzamiento circular cm <sup>2</sup> /m		Reforzamiento elíptico	Esesor de pared (mm)	Reforzamiento circular cm <sup>2</sup> /m		Reforzamiento elíptico	Reforzamiento circular cm <sup>2</sup> /m								
			Jaula interior	Jaula exterior	Reforzamiento circular cm <sup>2</sup> /m	Reforzamiento elíptico	Esesor de pared (mm)	Jaula interior	Jaula exterior	Reforzamiento circular cm <sup>2</sup> /m	Reforzamiento elíptico	Esesor de pared (mm)	Jaula interior	Jaula exterior	Reforzamiento circular cm <sup>2</sup> /m	Reforzamiento elíptico			
300	305	44	1.5	-----	-----	-----	51	1.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	2 165	3 111
380	381	49	1.5	-----	-----	-----	57	1.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	2 705	3 886
450	457	51	1.5	-----	-----	1.5	63	1.5	-----	-----	1.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	3 244	4 661
610	610	63	3.6	-----	-----	3.0	76	1.5	-----	-----	1.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	4 331	6 222
760	762	70	4.0	-----	-----	3.8	89	3.8	-----	-----	3.2	-----	-----	-----	-----	-----	-----	5 410	7 772
910	914	76	4.4	3.4	4.7	4.0	101	3.6	2.8	4.0	4.0	120.7	3.6	2.8	1.69	1.48	1.9	6 489	9 322
1 070	1 067	89	5.3	4.0	5.9	5.9	114	4.4	3.4	4.9	4.9	133.4	4.4	3.4	2.54	1.90	2.75	7 576	10 883
1 220	1 219	101	6.8	5.1	7.4	7.4	127	5.1	3.8	5.7	5.7	146.1	5.1	3.8	3.39	2.54	3.81	8 655	12 434
1 370	1 371	114	8.4	6.05	8.89	8.89	140	6.14	4.60	6.77	6.77	159.0	6.14	4.60	4.45	3.28	4.87	9 734	13 948
1 520	1 524	127	9.3	7.0	10.4	10.4	152	7.2	5.5	8.0	8.0	171.5	7.2	5.5	5.29	4.02	5.92	10 820	15 545
1 830	1 829	152	12.1	9.1	13.3	13.3	178	10.4	7.8	11.4	11.4	-----	10.4	7.8	-----	-----	-----	12 986	18 655

**Tabla 2.9 Requisitos de diseño para tubos de concreto reforzado Grado 3**

Diámetro interno		Reforzo $\text{cm}^2/\text{m}$ de pared de tubo												Resistencia en $\text{kgf/m}$ Método de los tres apoyos	
		Resistencia del concreto 34.5 MPa (350 $\text{kgf/cm}^2$ )						Pared C							
		Pared A				Pared B		Pared C							
Nom (Dn) mm	Real (Dr) mm	Esesor de pared (mm)	Reforzo circular $\text{cm}^2/\text{m}$		Reforzo elíptico	Esesor de pared (mm)	Reforzo circular $\text{cm}^2/\text{m}$		Reforzo elíptico	Esesor de pared (mm)	Reforzo circular $\text{cm}^2/\text{m}$		Carga para la grieta	Carga máxima	
			Jaula interior	Jaula Exterior			Jaula interior	Jaula exterior			Jaula interior	Jaula exterior			
300	305	44	3.2	-----	-----	51	1.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	2 989	4 483
380	381	47	3.4	-----	-----	57	2.1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	3 733	5 600
450	457	51	3.6	-----	3.2	63	3.0	-----	2.3	-----	-----	-----	-----	4 479	6 718
610	610	63	6.1	-----	5.7	76	5.7	-----	4.9	95	1.48	1.48	1.69	5 978	8 967
760	762	70	8.0	-----	7.4	89	7.4	-----	5.9	108	1.90	1.48	2.12	7 468	11 201
910	914	a	-----	-----	-----	101	6.3	4.7	7.0	120	2.96	2.12	3.17	8 957	13 436
1 070	1 067	a	-----	-----	-----	114	7.4	5.5	8.3	133	4.23	3.17	4.65	10 457	15 685
1 220	1 219	a	-----	-----	-----	127	8.9	6.8	9.9	146	5.50	4.23	6.14	11 946	17 919
1 370	1 371	a	-----	-----	-----	140	10.58	6.35	11.64	159	7.20	4.23	8.04	13 436	20 154
1 520	1 524	a	-----	-----	-----	152	12.5	9.5	14.0	171	8.67	7.40	9.73	14 935	22 403
1 830	1 829	a	-----	-----	-----	178	16.7	12.7	18.6	196	12.91	9.73	14.39	17 924	26 886

**Tabla 2.10 Requisitos de diseño para tubos de concreto reforzado Grado 4**

Carga M para producir la primera grieta de 0.25 mm 144 N/m/mm (14.7 kgf/m/mm) Carga M para producir una ruptura: 180.0 N/m/mm (18.3 kgf/m/mm)													
Diámetro Interno		Reforzo cm <sup>2</sup> /m de pared de tubo										Resistencia en kgf/m Método de los tres apoyos	
		Resistencia del concreto 41.4 MPa (420 kgf/m/mm)				Pared B			Pared C				
Nom (Dn) mm	Real (Dr) mm	Espesor de pared (mm)	Reforzo circular cm <sup>2</sup> /m		Espesor de pared (mm)	Reforzo circular cm <sup>2</sup> /m		Reforzo elíptico	Espesor de pared (mm)	Reforzo circular cm <sup>2</sup> /m	Reforzo elíptico	Carga para la grieta	Carga máxima
			Jaula interior	Jaula exterior		Jaula interior	Jaula exterior						
300	305	a	-----	-----	51	-----	-----	-----	-----	-----	-----	4 483	5 581
380	381	a	-----	-----	57	-----	-----	-----	-----	-----	-----	5 600	6 972
450	457	a	-----	-----	63	-----	-----	3.4	-----	-----	-----	6 717	8 363
610	610	a	-----	-----	76	-----	-----	5.1	95	2.44	1.90	8 967	11 163
760	762	a	-----	-----	89	-----	-----	9.7	108	3.81	2.96	11 201	13 944
910	914	a	-----	-----	101	-----	-----	11.9	120	5.71	4.23	13 435	16 726
1 070	1 067	a	-----	-----	114	-----	-----	14.2	133	7.62	5.71	15 685	19 526
1 220	1 219	a	-----	-----	127	-----	-----	17.1	146	9.94	7.40	17 919	22 307
1 370	1 371	a	-----	-----	140	-----	-----	-----	159	12.28	7.41	20 153	25 089
1 520	1 524	a	-----	-----	a	-----	-----	-----	171	14.81	11.21	22 403	27 889
1 830	1 829	a	-----	-----	a	-----	-----	-----	197	20.95	15.66	26 886	33 470
2 130	2 134	a	-----	-----	a	-----	-----	-----	a	-----	-----	31 369	39 052
2 440	2 438	a	-----	-----	a	-----	-----	-----	a	-----	-----	35 838	44 615
3 050	3 048	a	-----	-----	a	-----	-----	-----	a	-----	-----	44 805	55 778

### 2.1.3 Concreto reforzado con revestimiento interior (CRR)

La tubería de concreto reforzado con revestimiento interior (CRR) se fabrica bajo las mismas especificaciones a las tablas del tubo de concreto reforzado, y bajo la norma NMX-C-402-2004-ONNCCE. Este puede ser de revestimiento interior de PVC (Policloruro de vinilo) o PEAD (Polietileno de alta densidad). El espesor mínimo del revestimiento deberá ser de 1.5 mm para ambos materiales y el tubo deberá ser unido entre sus extremidades interiores con una banda de unión y soldadura por ambos extremos de la banda, ya sea por ter-

mofusión en caso del PVC o extrusión para el PEAD. El recubrimiento le da al concreto una protección adicional y permanente contra el desgaste en ambientes altamente corrosivos, además de lograr un menor coeficiente de fricción de hasta 0.009. Este revestimiento se ancla mecánicamente al concreto al momento de su fabricación mediante unas anclas adheridas a la lámina plástica y el concreto queda ahogado en dicho anclaje, cuya forma puede variar dependiendo del fabricante. Se puede especificar este recubrimiento a 360 grados o menos, pudiendo dejar al descubierto la parte interna inferior si es requerido cuando los métodos de limpieza y desazolve así se requiera.

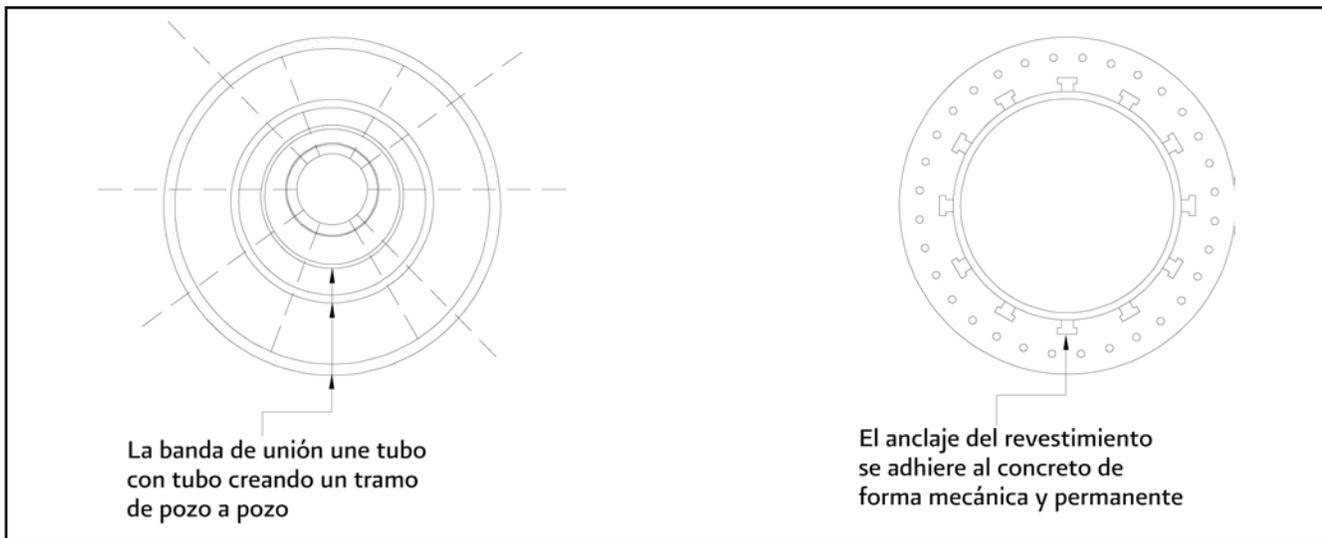


Figura 2.3 Tubería de concreto reforzado con revestimiento interior (CRR)

## 2.1.4 Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)

**Tabla 2.11 Información general de la tubería de PRFV**

Material	Tipo	Norma	Diámetro nominal	Sistema de unión	Longitud total
PRFV	Tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio para sistemas a presión de alcantarillado e industrial	NMX-E-254/1-CNCP	DN 300 – DN 3000	Se tienen cuatro sistemas de unión: Sistema de acoplamiento (Unión mediante cople de doble empaque tipo reka), Sistemas de unión rígida (Bridas, juntas mecánicas Viking Johnson, Dresser), Sistemas de unión flexible (Juntas mecánicas Straub, Teekay, Arpol) y finalmente se tiene el sistema de unión por laminación directa.	La longitud puede ser la requerida de acuerdo al proyecto pero también se tienen medidas comerciales de 3.0 m, 6.0 m y 12.0 m
	Tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio para uso en sistemas de alcantarillado a gravedad (flujo libre)	NMX-E-254/2-CNCP	DN 300 – DN 3000	Se tienen cuatro sistemas de unión: Sistema de acoplamiento (Unión mediante cople de doble empaque tipo reka), Sistemas de unión rígida (Bridas, juntas mecánicas Viking Johnson, Dresser), Sistemas de unión flexible (Juntas mecánicas Straub, Teekay, Arpol) y finalmente se tiene el sistema de unión por laminación directa.	La longitud puede ser la requerida de acuerdo al proyecto pero también se tienen medidas comerciales de 3.0 m, 6.0 m y 12.0 m

**Tabla 2.12 Información específica de la tubería de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio**

Tubería PRFV sistemas de alcantarillado															
Datos tubería				Rigidez 2500				Rigidez 5000				Rigidez 10000			
DN	CL	DEmax	DEmin	Peso	Coef de Manning	PN O1		Peso	Coef de Manning	PN O1		Peso	Coef de Manning	PN O1	
						Eht	Espesor			Eht	Espesor			Eht	Espesor
		Max	Min	kg/m		(Gpa)	mm	kg/m		(Gpa)	mm	kg/m		(Gpa)	mm
300	125	324.50	323.50	8.13	0.009	17.37	4.07	10.39	0.009	14.04	5.07	12.65	0.009	14.59	6.12
350	125	376.40	375.40	11.08		15.08	4.69	14.24		12.36	5.89	17.26		13.29	7.11
400	125	427.30	426.30	14.47		13.46	5.32	18.52		11.64	6.69	22.35		12.49	8.04
450	125	478.20	477.20	18.36		12.25	5.96	23.54		10.69	7.53	28.23		11.90	9.02
500	125	530.10	529.10	22.89		11.29	6.64	29.19		10.09	8.37	34.89		11.39	9.99
600	155	617.00	616.00	31.44		10.48	7.75	39.35		10.07	9.63	47.96		10.61	11.71
700	155	719.00	718.00	42.40		10.40	8.92	53.21		10.06	11.12	65.68		10.12	13.68
750	155	770.00	769.00	48.72		10.38	9.50	61.03		10.07	11.83	75.55		10.11	14.61
800	155	821.00	820.00	55.04		10.35	10.08	68.85		10.08	12.54	85.42		10.10	15.53
900	155	923.00	922.00	69.45		10.25	11.26	86.74		10.05	14.01	107.40		10.15	17.32
1000	155	1025.00	1024.00	85.63		10.12	12.46	106.35		10.13	15.44	132.78		10.15	19.25
1100	155	1127.00	1126.00	103.00		10.00	13.7	128.00		10.10	16.90	160.00		10.00	21.20
1200	155	1229.00	1228.00	122.33		10.10	14.78	151.96		10.17	18.32	190.54		10.09	22.95
1300	155	1331.00	1330.00	143.57		10.05	15.98	179.24		10.12	19.92	223.44		10.03	24.82
1400	155	1433.00	1432.00	165.79		10.08	17.12	207.17		10.13	21.36	258.58		10.03	26.65
1500	155	1535.00	1534.00	189.10		10.21	18.20	238.15		10.05	22.88	295.64		10.10	28.43
1600	155	1637.00	1636.00	215.60		10.12	19.43	269.97		10.08	24.30	336.79		10.02	30.33
1700	155	1739.00	1738.00	245.02		10.02	20.76	304.81		10.04	25.80	379.04		10.07	32.12
1800	155	1841.00	1840.00	274.13		10.02	21.91	341.41		10.02	27.28	424.91		10.03	33.99
1900	155	1943.00	1942.00	304.26		10.07	23.03	379.46		10.05	28.71	473.18		10.02	35.83
2000	155	2045.00	2044.00	336.93		10.04	24.21	419.49		10.07	30.14	522.72		10.07	37.60
2200	155	2249.00	2248.00	406.70		10.04	26.54	507.23		10.04	33.10	632.04		10.04	41.30
2400	155	2453.00	2452.00	483.14		10.03	28.86	601.76		10.08	35.97	749.92		10.09	44.90
2500	170	2555.00	2554.00	524.59		10.03	30.03	654.00		10.06	37.45	815.39		10.06	46.77
2600	170	2657.00	2656.00	566.03		10.03	31.19	706.24		10.04	38.94	880.87		10.03	48.65
2700	170	2759.00	2758.00	610.19		10.05	32.33	762.00		10.04	40.39	950.77		10.03	50.48
2800	170	2861.00	2860.00	654.34		10.08	33.46	817.76		10.05	41.84	1020.67		10.03	52.32
2900	170	2963.00	2962.00	703.11		10.05	34.66	877.77		10.05	43.30	1095.28		10.03	54.13
3000	170	3065.00	3064.00	751.87		10.02	35.86	937.79		10.04	44.76	1169.90		10.04	55.95

## 2.1.5 Poli(cloruro de vinilo) (PVC) (pared sólida y estructurada)

**Tabla 2.13 Información general de la tubería de poli(cloruro de vinilo) (PVC)**

Material	Tipo	Norma	Diámetros nominales (mm)	Sistema de unión	Long. Total (m)
PVC	Pared sólida	NMX-215/1-SCFI	110 mm a 800 mm	A) espiga-campana con anillo de material elastomérico (Sistema Rieber)	6
				B) termofusión a tope (bajo formulación especial de PVC)	12
PVC	Pared sólida	NMX-211/1-SCFI	100 mm a 300 mm	A) espiga-campana con anillo de material elastomérico (Sistema Rieber)	6
				B) termofusión a tope (bajo formulación especial de PVC)	12
PVC	Pared sólida	ASTM-D-3034	100 mm (4 pulgadas) a 375 mm (15 pulgadas)	Espiga-campana con anillo de material elastomérico (Sistema Rieber)	6.1 útiles
PVC	Pared Estructurada Longitudinalmente	NMX-222/1-SCFI	160 mm a 800 mm	Espiga campana con anillo de materia elastomerico (Sistema Rieber)	6
PVC	Pared Estructurada con perfiles abiertos en el exterior y superficie interna lisa	NMX-229-SCFI	150 mm a 3050 mm	Cementada (fusión química)	6 a 10
PVC	Pared Estructurada anularmente	NTC 3722-1	110 mm a 900 mm	Casquillo con anillo de material elastomerico en la espiga	6
PVC	Pared Estructurada Perfil Abierto - Interior liso	ASTM-794	200 mm (8 pulgadas) a 375 mm (15 pulgadas)	Espiga-campana con anillo de material elastomérico	4.3 útiles
PVC	Pared Corrugada Doble Pared - Interior liso	ASTM-794	300 mm (12 pulgadas) a 900 mm (36 pulgadas)	Espiga-campana con anillo de material elastomérico	4.3 útiles
PVC	Pared Estructurada Perfil Cerrado - Interior liso	ASTM F1803	750 mm (30 pulgadas) a 1500 mm (60 pulgadas)	Espiga-campana con anillo de material elastomérico	4.3 útiles

### 2.1.5.1 Tipos de pared estructurada en tubería de poli(cloruro de vinilo)(PVC)

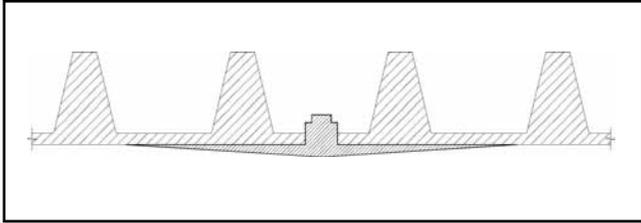


Figura 2.4 Tubería de pared estructurada de perfil abierto

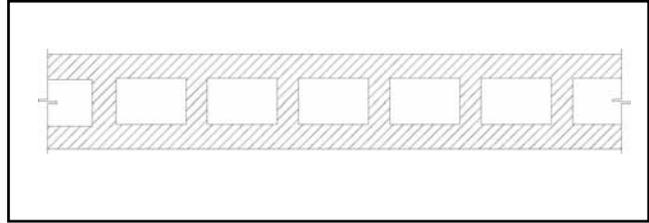


Figura 2.5 Tubería de pared estructurada corrugada de doble pared

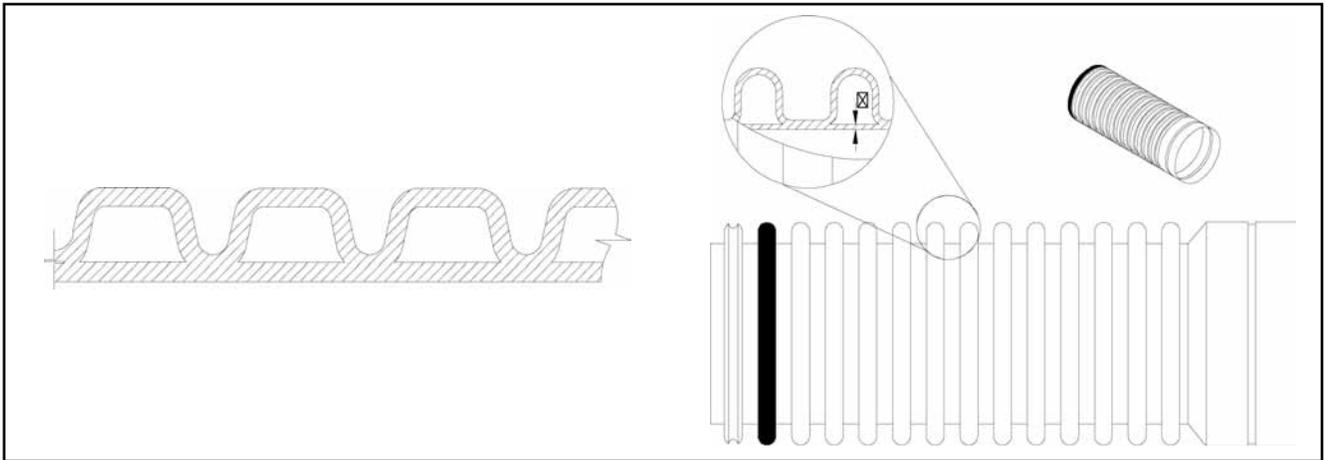


Figura 2.6 Tubería de pared estructurada de perfil cerrado

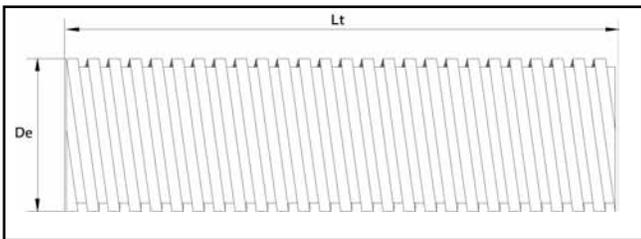


Figura 2.7 Tubería de pared estructurada de perfil abierto helicoidal

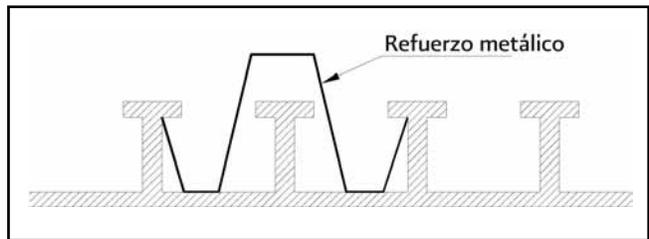


Figura 2.8 Detalle del refuerzo metálico

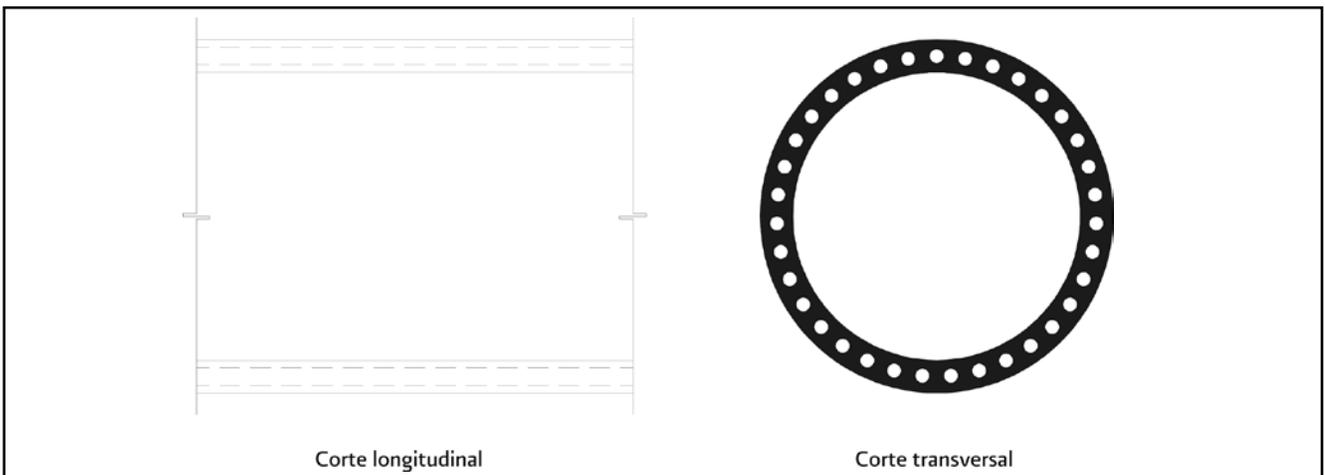


Figura 2.9 Perfil de estructuración longitudinalmente

### 2.1.5.2 Información específica de la tubería poli(cloruro de vinilo) (PVC)

**Tabla 2.14 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared sólida serie métrica (NMX-E-215/1-SCFI)**

Serie 25							
Diámetro (mm)			Espesor (mm)	Peso(ó) (kg/m)	Longitud total (m)	Rigidez mínima del tubo (mpa)	Coeficiente de Manning (n)
Nominal	Exterior	Interno					
160	160	153.8	3.1	2.34	6	0.1	0.009
200	200	192.2	3.9	3.69			
250	250	240.2	4.9	5.79			
315	315	302.6	6.2	9.22			
355	355	341	7	11.74			
400	400	384.4	7.8	14.74			
450	450	432.4	8.8	18.71			
500	500	480.4	9.8	23.15			
630	630	605.4	12.4	36.61			
800	800	768.6	15.7	61.06			
Serie 20							
Diámetro (mm)			Espesor (mm)	Peso(ó) (kg/m)	Longitud total (m)	Rigidez mínima del tubo (mpa)	Coeficiente de Manning (n)
Nominal	Exterior	Interno					
110	110	104.6	2.7	1.40	6	0.19	0.009
160	160	152.2	3.9	2.93			
200	200	190.2	4.9	4.61			
250	250	237.8	6.1	7.17			
315	315	299.6	7.7	11.40			
355	355	337.6	8.7	14.52			
400	400	280.4	9.8	18.43			
450	450	428	11	23.27			
500	500	475.6	12.2	28.68			
630	630	599.2	15.4	45.61			
800	800	761	19.5	75.48			

Serie 16.5							
Diámetro (mm)			Espesor (mm)	Peso(6) (kg/m)	Longitud total (m)	Rigidez mínima del tubo (mpa)	Coeficiente de Manning (n)
Nominal	Exterior	Interno					
110	110	103.6	3.2	1.65	6	0.3	0.009
160	160	150.6	4.7	3.52			
200	200	188.2	5.9	5.52			
250	250	235.4	7.4	8.54			
315	315	296.6	9.3	13.56			
355	355	334.2	10.4	17.27			
400	400	376.6	11.8	21.89			
450	450	423.6	13.2	27.78			
500	500	470.8	14.7	34.15			
630	630	593.2	18.5	54.22			

**Tabla 2.15 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared solida serie inglesa (NMX-E-211/1-SCFI)**

Tipo 51							
Diámetro (mm)			Espesor (mm)	Peso(6) (kg/m)	Longitud total (m)	Rigidez mínima del tubo (mpa)	Coeficiente de Manning (n)
Nominal	Exterior	Interno					
100	107.1	102.9	2.1	1.09	6	0.1	0.009
150	159.4	152.6	3.1	2.43			
200	213.4	204.4	4.2	4.35			
250	266.7	255.6	5.2	6.79			
300	317.5	304.4	6.2	9.62			

Tipo 41							
Diámetro (mm)			Espesor (mm)	Peso(6) (kg/m)	Longitud total (m)	Rigidez mínima del tubo (mpa)	Coeficiente de Manning (n)
Nominal	Exterior	Interno					
100	107.1	101.9	2.6	1.36	6	0.19	0.009
150	159.4	151.0	3.9	3.00			
200	213.4	202.2	5.2	5.38			
250	266.7	252.9	6.5	8.40			
300	317.5	301.2	7.7	11.91			

Tipo 35							
Diámetro (mm)			Espesor (mm)	Peso(6) (kg/m)	Longitud total (m)	Rigidez mínima del tubo (mpa)	Coeficiente de Manning (n)
Nominal	Exterior	Interno					
100	107.1	100.98	3.1	1.56	6	0.32	0.009
150	159.4	149.8	4.6	3.51			
200	213.4	200.8	6.1	6.31			
250	266.7	250.5	7.6	9.88			
300	317.5	298.2	9.1	14.14			

**Tabla 2.16 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado, pared solida, serie inglesa (ASTM-D-3034)**

RD 35							
Diámetro (mm)			Espesor (mm)	Peso(6) (kg/m)	Longitud total (m)	Rigidez mínima del tubo (mpa)	Coeficiente de Manning (n)
Nominal	Exterior	Interno					
4"	107.1	101	3.1	1.56	6.1	0.32	0.009
6"	159.4	150.3	4.6	3.51			
8"	213.4	201.2	6.1	6.31			
10"	266.7	251.5	7.6	9.88			
12"	317.5	299.4	9.1	14.14			
15"	388.6	366.4	11.1	21.12			

**Tabla 2.17 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado, pared estructurada longitudinalmente, serie métrica (NMX-E-222/1-SCFI)**

Diámetro (mm)			Espesor (1) (mm)	Peso(6) (kg/m)	Longitud total (m)	Rigidez mínima del tubo (mpa)	Coeficiente de Manning (n)
Nominal	Exterior	Interno					
160	160	151.8	4.1	2.06	6	0.19	0.009
200	200	189.8	5.1	3.29			
250	250	237.2	6.4	4.65			
315	315	298.8	8.1	7.30			
400	400	379.4	10.3	13.04			
450	450	427	11.5	16.69			
500	500	474.4	12.8	18.08			
630	630	597.6	16.2	26.88			
800	800	759.2	20.4	39.92			

**Tabla 2.18 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado, pared estructurada con perfiles abiertos en el exterior y superficie interna lisa, serie inglesa (NMX-E-229-SCFI)**

Autosoportante							
Diámetro (mm)			Espesor (2) (mm)	Peso(6) (kg/m)	Longitud total (m)	Rigidez mínima del tubo (mpa)	Coeficiente de Manning (n)
Nominal	Exterior	Interno					
160	173.3	160	0.7	1.40	6	0.013	0.0092
200	213.3	200	0.7	1.70			
250	263.3	250	0.7	2.10			
300	319.8	300	1.2	4.20			
315	334.8	315	1.2	4.50			
350	369.8	350	1.2	5.00			
400	419.8	400	1.2	5.70			
450	469.8	450	1.2	6.40			
500	530.5	500	1.8	9.40			
600	635.6	600	1.9	13.80			
630	665.6	630	1.9	14.50			
700	735.6	700	1.9	16.10			
800	835.6	800	1.9	18.40			
900	947.6	900	3.2	38.50			
1000	1047.6	1000	3.2	43.00			
1200	1247.6	1200	3.2	51.50			
1400	1447.6	1400	3.2	60.10			
1500	1554.7	1500	4.5	81.20			
Con refuerzo metalico							
Diámetro (mm)			Espesor (2) (mm)	Peso(6) (kg/m)	Longitud total (m)	Rigidez mínima del tubo (mpa)	Coeficiente de Manning (n)
Nominal	Exterior	Interno					
600	647.8	600	1.8	20.8	6	0.013	0.0092
700	747.8	700	1.8	24.3			
800	847.8	800	1.8	28.0			
900	965.1	900	1.9	40.6			
1000	1065.1	1000	1.9	45.0			
1200	1265.1	1200	1.9	54.0			
1400	1465.1	1400	1.9	63.0			
1500	1566.8	1500	3.2	96.5			
1600	1666.8	1600	3.2	103.0			
1800	1866.8	1800	3.2	116.0			

2000	2066.8	2000	3.2	128.6	6	0.013	0.0092
2200	2266.8	2200	3.2	141.5			
2300	2366.8	2300	3.2	148.0			
2400	2469.4	2400	4.5	180.0			
2500	2569.4	2500	4.5	187.0			
2600	2669.4	2600	4.5	194.4			
2800	2869.4	2800	4.5	209.4			
3050	3119.4	3050	4.5	230.0			

**Tabla 2.19 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado, pared estructurada anularmente, serie métrica (NTC 3722-1)**

Diámetro (mm)			Espesor (3) (mm)	Peso(6) (kg/m)	Longitud total (m)	Rigidez mínima del tubo (mpa)	Coeficiente de Manning (n)
Nominal	Exterior	Interno					
110	107	99	1.0	0.77	6	0.24	0.009
160	155	140	1.2	1.32			
200	193	180	1.4	2.00			
250	245	225	1.7	3.30			
315	308	278	1.9	4.82			
400	393	363	2.2	8.12			
450	490	450	2.8	11.24			
600	645	585	3.5	17.54			
750	820	750	4.1	28.89	0.19		
900	985	900	5.0	39.98			

**Tabla 2.20 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado, pared estructurada, perfil abierto-interior liso (ASTM-F-794)**

Serie 46							
Diámetro (mm)			Espesor (4) (mm)	Peso(6) (kg/m)	Longitud total (m)	Rigidez mínima del tubo (mpa)	Coeficiente de Manning (n)
Nominal	Exterior (5)	Interno					
8"	---	199.7	1.5	3.7	4.3	0.32	0.009
10"	---	249.6	1.8	5.2			
12"	---	296.8	2.2	7.3			
15"	---	363.3	2.7	10.9			

**Tabla 2.21 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared corrugada doble pared-interior liso (ASTM-F-794)**

Serie 46							
Diámetro (mm)			Espesor (4) (mm)	Peso(6) (kg/m)	Longitud total (m)	Rigidez mínima del tubo (mpa)	Coeficiente de Manning (n)
Nominal	Exterior (5)	Interno					
12"	---	296.8	1.4	5.9	4.3	0.32	0.009
15"	---	363.3	2	10.0			
18"	---	444.8	2.1	13.6			
21"	---	524.7	2.4	18.2			
24"	---	594.7	2.8	27.0			
30"	---	746.5	3.3	39.0			
36"	---	898.4	3.9	54.0			

**Tabla 2.22 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared estructurada perfil cerrado-interior liso (ASTM F 1803)**

Serie 46							
Diámetro (mm)			Espesor (4) (mm)	Peso(6) (kg/m)	Longitud total (m)	Rigidez mínima del tubo (mpa)	Coeficiente de Manning (n)
Nominal	Exterior (5)	Interno					
30"	---	747.0	3.2	45.4	4.3	0.32	0.009
33"	---	823.1	3.6	56.8			
36"	---	899.0	3.8	72.3			
42"	---	1050.9	4.6	99.1			
48"	---	1202.9	5.3	132.2			
54"	---	1355.1	5.7	160.9			
60"	---	1507.2	6.1	178.8			

NOTA (1): El espesor indicado es el espesor total de la pared de la tubería.

NOTA (2): El espesor indicado es el de la pared interna del tubo.

NOTA (3): El espesor indicado corresponde al espesor del valle de la tubería (conjunto pared interna y corrugación externa).

NOTA (4): El espesor indicado corresponde a la pared interna de la tubería.

NOTA (5): El diámetro exterior varía entre los diversos fabricantes.

NOTA (6): Los pesos indicados son aproximados ya que varían entre los diversos fabricantes

## 2.1.6. Tuberías de fibrocemento(FC)

**Tabla 2.23 Información general de la tubería de fibrocemento (FC)**

Material	Tipo	Norma	Diámetros nominal (mm)	Sistema de unión	Longitud total (m)
Fibrocemento	Alcantarillado Clase "B"	NMX-C-039-ONNCCE	Desde 150 mm. Hasta 1500 mm.	Por Cople y anillos de hule	Nominalmente 5.00 m.

**Tabla 2.24 Información específica de tubería fibrocemento (FC)**

Tabla de dimensiones para tubería de fibrocemento JUNTA SIMPLEX													
Clase	Concepto en mm (en caso contrario se indican las unidades)	Diámetro nominal en mm (pulgadas)											
		150 (6)	200 (8)	250 (10)	300 (12)	350 (14)	400 (16)	450 (18)	500 (20)	600 (24)	750 (30)	900 (36)	1050 (42)
B-6	D2			264.0	314.0	366.0	420.0	473.0	527.0	632.0	793.0	953.0	1130.0
	D9			271.0	322.0	374.0	428.0	481.0	535.0	641.0	802.0	962.0	1134.0
	D7			302.0	355.0	416.0	473.0	530.0	587.0	699.0	871.0	1041.0	1265.0
	D8			268.0	318.0	370.0	424.0	477.0	531.0	636.0	797.0	957.0	1136.0
	Z			285.0	340.0	396.0	449.0	502.0	560.0	670.0	834.0	997.0	
	Peso Tubo (Kg/m)			17.2	21.5	27.3	36.4	45.3	56.9	79.9	126.8	181.3	288.2
	Peso Cople (Kg/m)			6.6	8.5	14.2	17.3	23.3	27.3	36.7	60.6	82.4	119.7
	Resistencia mínima de ruptura por aplastamiento (Kg/m)			1500.0	1800.0	2100.0	2400.0	2700.0	3000.0	3600.0	4500.0	5400.0	6300.0
B-7.5	D2		214.0	265.0	315.0	369.0	423.0	477.0	530.0	637.0	799.0	960.0	1130.0
	D9		221.0	272.0	323.0	377.0	431.0	485.0	538.0	646.0	808.0	969.0	1144.0
	D7		250.0	305.0	358.0	422.0	480.0	538.0	594.0	709.0	883.0	1056.0	1265.0
	D8		218.0	269.0	319.0	373.0	427.0	481.0	534.0	641.0	803.0	964.0	1136.0
	Z		237.0	288.0	340.0	401.0	452.5	509.0	563.0	675.0	840.0	1004.0	
	Peso Tubo (Kg/m)		13.9	18.0	22.5	30.8	40.5	51.4	62.0	90.0	141.9	202.6	324.0
	Peso Cople (Kg/m)		4.5	7.1	9.0	15.3	18.9	25.3	29.5	40.1	66.2	91.2	119.7
	Resistencia mínima de ruptura por aplastamiento (Kg/m)		1500.0	1875.0	2250.0	2625.0	3000.0	3375.0	3750.0	4500.0	5625.0	6750.0	7875.0
B-9	D2	164.0	215.0	266.0	318.0	372.0	426.0	480.0	534.0	642.0	804.0	967.0	1130.0
	D9	171.0	222.0	273.0	326.0	380.0	434.0	488.0	542.0	651.0	813.0	976.0	1153.0
	D7	198.0	253.0	308.0	364.0	428.0	486.0	544.0	603.0	719.0	894.0	1071.0	1265.0
	D8	168.0	219.0	270.0	322.0	376.0	430.0	484.0	538.0	646.0	808.0	971.0	1136.0
	Z	187.5	237.0	292.0	343.0	403.0	455.0	509.0	567.0	680.0	845.0	1011.0	
	Peso Tubo (Kg/m)	10.6	14.6	18.9	25.6	34.4	44.5	56.0	68.7	100.2	154.7	224.0	356.4
	Peso Cople (Kg/m)	3.3	4.9	7.5	9.8	16.4	20.1	26.9	32.4	43.5	71.9	100.2	119.7
	Resistencia mínima de ruptura por aplastamiento (Kg/m)	1350.0	1800.0	2250.0	2700.0	3150.0	3600.0	4050.0	4500.0	5400.0	6750.0	8100.0	9450.0

Tabla de dimensiones para tubería de fibrocemento JUNTA SIMPLEX

Clase	Concepto en mm (en caso contrario se indican las unidades)	Diámetro nominal en mm (pulgadas)											
		150 (6)	200 (8)	250 (10)	300 (12)	350 (14)	400 (16)	450 (18)	500 (20)	600 (24)	750 (30)	900 (36)	1050 (42)
B-12.5	D2	165.0	216.0	268.0	322.0	377.0	432.0	487.0	542.0	651.0	816.0	981.0	1157.0
	D9	172.0	223.0	275.0	330.0	385.0	440.0	495.0	550.0	660.0	825.0	990.0	1167.0
	D7	201.0	257.0	314.0	373.0	439.0	499.0	559.0	619.0	739.0	920.0	1100.0	1317.0
	D8	169.0	220.0	272.0	326.0	381.0	436.0	491.0	546.0	655.0	820.0	985.0	1163.0
B-12.5	Peso Tubo (Kg/m)	11.1	15.3	20.6	29.7	40.4	52.8	66.8	82.5	118.8	185.6	267.2	407.4
	Peso Cople (Kg/m)	3.6	5.3	8.4	11.2	18.7	23.1	31.2	37.1	51.1	85.4	117.7	147.6
	Resistencia mínima de ruptura por aplastamiento (Kg/m)	1875.0	2500.0	3125.0	3750.0	4375.0	5000.0	5625.0	6250.0	7500.0	9375.0	11250.0	13125.0

Tabla de dimensiones para Tubería de Fibrocemento JUNTA REKA

Clase	Concepto en mm (en caso contrario se indican las unidades)	Diámetro nominal en mm (pulgadas)					
		1000 (40)	1200 (48)	1300 (52)	1400 (56)	1500 (60)	
B-6	D2	1062.0	1276.0	1383.0	1490.0	1596.0	
	D9	1068.0	1282.0	1389.0	1496.0	1602.0	
	D7	1164.0	1398.0	1512.0	1626.0	1738.0	
	D8	1066.0	1280.0	1387.0	1494.0	1600.0	
	Peso Tubo (Kg/m)	220.9	319.7	375.9	436.7	497.0	
	Peso Cople (Kg/m)	107.3	177.3	218.9	248.8	278.3	
B-7.5	Resistencia mínima de ruptura por aplastamiento (Kg/m)	6000.0	7200.0	7800.0	8400.0	9000.0	
	D2	1070.0	1286.0	1393.0	1501.0	1609.0	
	D9	1076.0	1292.0	1399.0	1507.0	1615.0	
	D7	1180.0	1418.0	1532.0	1648.0	1764.0	
	D8	1074.0	1290.0	1397.0	1505.0	1613.0	
	Peso Tubo (Kg/m)	247.9	360.1	419.7	488.6	562.7	
Peso Cople (Kg/m)	117.3	194.5	238.9	272.4	308.1		
	Resistencia mínima de ruptura por aplastamiento (Kg/m)	7500.0	9000.0	9750.0	10500.0	11250.0	

D2		1078.0	1295.0	1403.0	1511.0	1620.0
D9		1084.0	1301.0	1409.0	1517.0	1626.0
D7		1196.0	1436.0	1552.0	1668.0	1786.0
D8		1082.0	1299.0	1407.0	1515.0	1624.0
B-9	Peso Tubo (Kg/m)	275.0	396.8	463.8	536.1	618.7
	Peso Cople (Kg/m)	127.5	210.2	259.2	294.2	333.8
	Resistencia mínima de ruptura por aplastamiento (Kg/m)	9000.0	10800.0	11700.0	12600.0	13500.0
	D2	1093.0	1313.0	1423.0	1533.0	1643.0
	D9	1099.0	1319.0	1429.0	1539.0	1649.0
	D7	1226.0	1472.0	1592.0	1712.0	1832.0
B-12.5	D8	1097.0	1317.0	1427.0	1537.0	1647.0
	Peso Tubo (Kg/m)	326.4	470.9	553.0	641.7	737.0
	Peso Cople (Kg/m)	147.1	242.5	301.0	343.5	388.8
	Resistencia mínima de ruptura por aplastamiento (Kg/m)	12500.0	15000.0	16250.0	17500.0	18750.0

NOTA: En referencia a la clase de la tubería, el dígito indica las toneladas sobre metro cuadrado que soporta la tubería (Carga Externa de Trabajo); y de igual manera, de forma conservadora se puede considerar que la mitad de este valor indica la profundidad máxima de enterramiento de la tubería, a partir de la corona o clave del tubo, hasta el nivel del terreno natural y/o pavimento, y podrá variar de acuerdo a las condiciones que se presenten en obra (Tipo de terreno, encamado, ancho de zanja, posibles cargas vivas dinámicas, entre otras).

El coeficiente de Manning para la tubería de Fibrocemento es de 0.010

### 2.1.7. Tubería de polietileno de alta densidad (PEAD)

Tabla 2.25 Información general de la tubería de polietileno de alta densidad (PEAD)

Material	Tipo	Norma	Diámetros nominales mm (m)	Sistema de unión	Longitud útil m
Polietileno alta densidad	Pared corrugada	NMX-E-021-CNCP	75 a 1500 (3 a 60)	Espiga-campana o cople con anillo de hule	5.60 – 6.20
		NMX-E-029-CNCP			
	Pared estructurada	NMX-E-205-CNCP	750 a 3000 (30 a 120)	Por termofusión y / o roscafusión	6.10 – 12.0
		ASTM-F-894-06			
Pared sólida		NMX-E-216-SCFI	100 a 900 (4 a 48)	Por termofusión o electrofusión	6.00 – 15.0



Material	Tipo	Diámetros nominales [mm] [plg]	Longitud útil [m]	Clasificación												Manning n				
				RD-21				RD-26				RD-32.5					RD-41			
				Diámetros interiores	Peso	Rigidez	Diámetros interiores	Peso	Rigidez	Diámetros interiores	Peso	Rigidez	Diámetros interiores	Peso	Rigidez		Diámetros interiores	Peso	Rigidez	
[mm]	[Kg/m]	[MPa]	[mm]	[Kg/m]	[MPa]	[mm]	[Kg/m]	[MPa]	[mm]	[Kg/m]	[MPa]	[mm]	[Kg/m]	[MPa]						
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	PARED SOLIDA	150 6"		151.31	4.07	1.10	154.53	3.34	0.90	157.30	2.68	0.70	159.56	2.14	0.60	0.009				
		200 8"		196.95	6.90	1.10	201.19	5.63	0.90	204.80	4.54	0.70	207.77	3.63	0.60					
		250 10"		245.49	10.72	1.10	250.80	8.75	0.90	255.22	7.06	0.70	258.95	5.63	0.60					
		300 12"		291.16	15.08	1.10	297.46	12.31	0.90	302.74	9.93	0.70	307.11	7.93	0.60					
		350 14"		319.68	18.18	1.10	326.62	14.84	0.90	332.38	11.97	0.70	337.24	9.56	0.60					
		400 16"		365.38	23.75	1.10	373.28	29.38	0.90	379.91	15.63	0.70	385.39	12.48	0.60					
		450 18"	6.00 -	411.05	30.06	1.10	419.94	24.53	0.90	427.38	19.79	0.70	433.55	15.80	0.60					
		500 20"	15.00	456.74	37.11	1.10	466.60	30.28	0.90	474.88	24.43	0.70	481.71	19.50	0.60					
		550 22"		502.36	44.90	1.10	513.23	36.64	0.90	522.35	29.56	0.70	529.89	23.59	0.60					
		600 24"		548.06	53.44	1.10	559.89	43.60	0.90	569.85	35.18	0.70	578.10	28.08	0.60					
		650 26"		593.73	62.71	1.10	606.55	51.17	0.90	617.32	41.28	0.70	626.26	32.95	0.60					
		700 28"		639.42	72.73	1.10	653.21	59.35	0.90	664.79	47.88	0.70	674.42	38.22	0.60					
		750 30"		685.06	83.49	1.10	699.87	68.13	0.90	712.29	54.06	0.70	722.58	43.87	0.60					
		900 36"		822.10	120.23	1.10	839.83	98.10	0.90	854.74	79.15	0.70	867.13	63.18	0.60					

Para profundidades mayores a 2 metros o algún otro método de instalación diferente al enterrado directo, consulte al fabricante.

## 2.2 Obras accesorias

Comúnmente usadas para mantenimiento y operación del sistema de alcantarillado son:

- 2.2.1 Descarga domiciliaria
- 2.2.2 Pozos de visita
- 2.2.3 Estructuras de caída
- 2.2.4 Sifones invertidos
- 2.2.5 Cruces elevados
- 2.2.6 Cruces subterráneos con carreteras y vías de ferrocarril
- 2.2.7 Cruces subterráneos con ríos, arroyos o canales.

A continuación se hace una descripción de sus características y funciones.

### 2.2.1 Descarga domiciliaria

La descarga domiciliaria o “albañal exterior”, es una tubería que permite el desalojo de las aguas servidas, del registro domiciliario a la atarjea.

El diámetro del albañal en la mayoría de los casos es de 15 cm., siendo éste el mínimo recomendable, sin embargo, esta dimensión puede variar en función de las disposiciones de las autoridades locales. La conexión entre albañal y atarjea debe ser hermética y la tubería de interconexión debe de tener una pendiente mínima del 1%. En caso de que el diámetro del albañal sea de 10 cm., se debe considerar una pendiente de 2%.

Se debe garantizar que la conexión del albañal a la atarjea, sea hermética.

Dependiendo del tipo de material de la atarjea o colector, se debe de seleccionar de preferencia el mismo material en la tubería de albañal y en las piezas especiales, así como el procedimiento de conexión correspondiente. A continuación se describen los procedimientos de instalación y las piezas usadas en las diferentes conexiones domiciliares según el tipo de material.

#### a) En tubería de concreto

En tubería de concreto para efectuar la conexión del albañal con la atarjea existe la norma mexicana NMX-C-417-ONNCCE vigente que establece las especificaciones que deben cumplir los elementos que componen a las

descargas domiciliares prefabricadas de concreto simple que cuentan con junta hermética y que se destinen a los sistemas de alcantarillado sanitario. Contando con dos piezas principales que son: el codo hermético y la descarga domiciliaria (Figura 2.10).

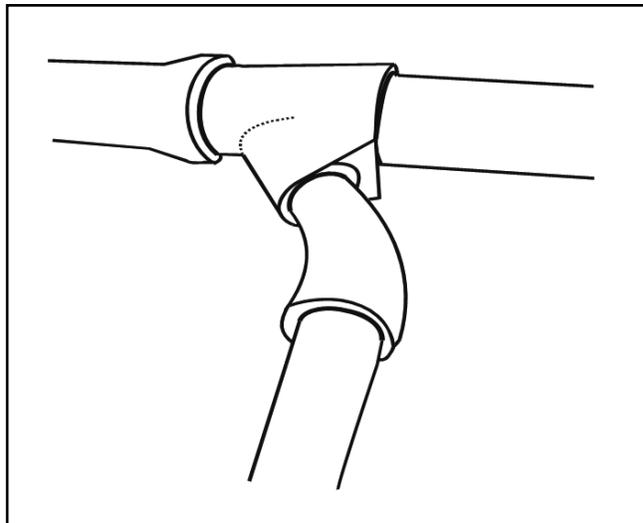


Figura 2.10 Codo hermético

Estas piezas prefabricadas permiten la descarga del albañal a la atarjea manteniendo la hermeticidad, ya que no hay necesidad de romper la tubería como se usaba anteriormente (Figura 2.11 y 2.12).

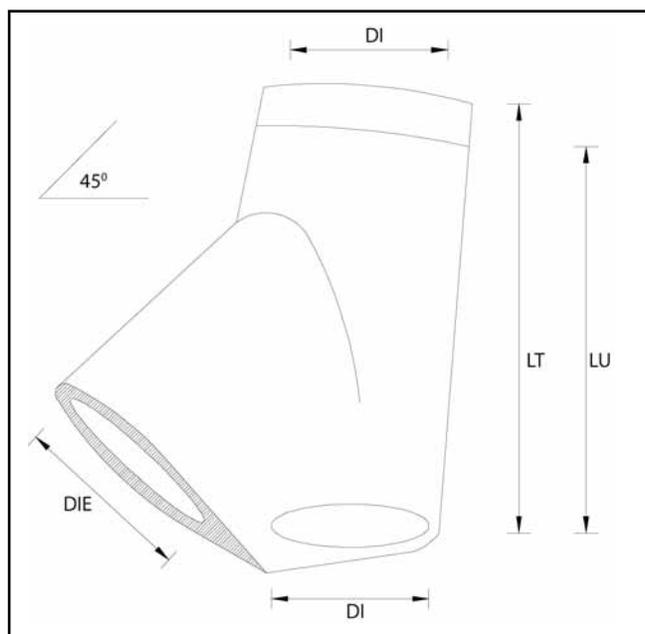


Figura 2.11 Descarga Domiciliaria en Yee o Silleta de concreto

**Tabla 2.27 Medidas de descarga domiciliar de Tee o Silleta de concreto**

	Medidas (cms)	20 x 15	25 x 15	30 x 15	30 x 20
LU	Longitud util (cms)	50.0	60.0	60.0	60.0
LT	Longitud total (cms)	57.0	67.0	67.0	67.0
DIS	Diámetro interior superior (cms)	20.0	25.0	30.0	30.0
DII	Diámetro interior inferior (cms)	20.0	25.0	30.0	30.0
DIE	Diámetro interior entrada (cms)	15.0	15.0	15.0	20.0

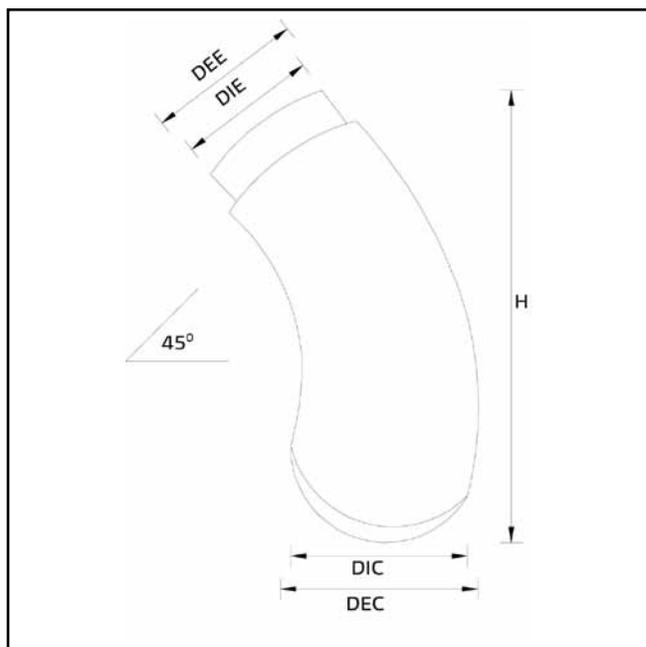


Figura 2.12 Codo de concreto con junta hermética

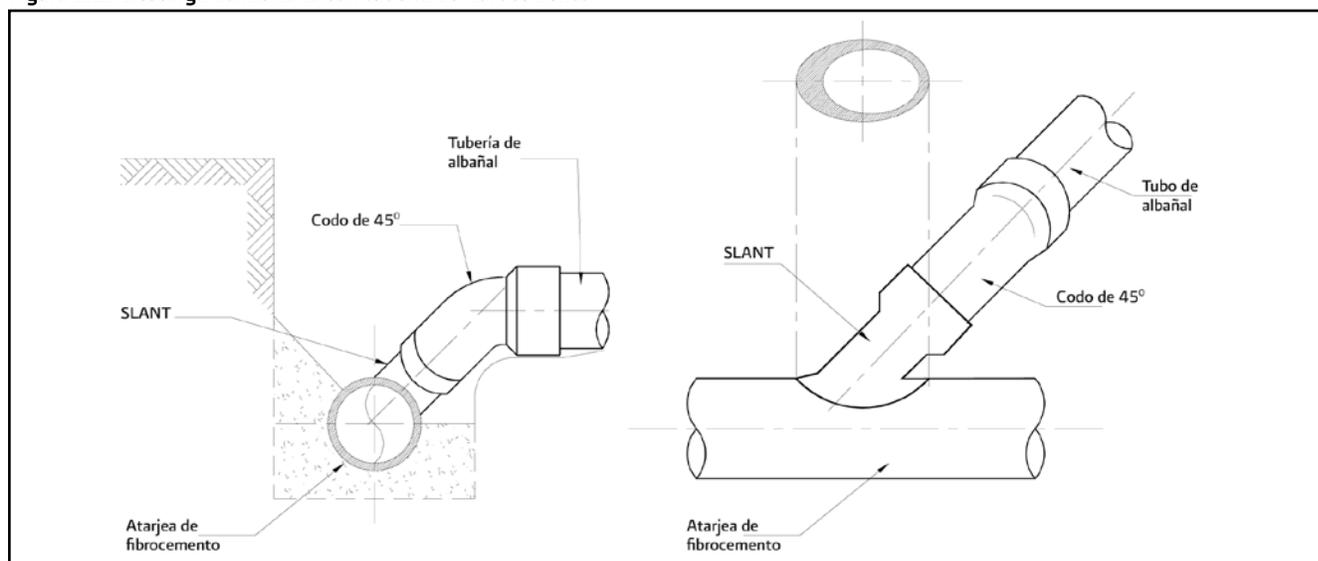
**Tabla 2.28 Medidas de codo de concreto con junta hermética**

	Medidas (cms)	15	20
	Grados inclinación	45.0	45.0
H	Altura total	70.0	76.0
DIE	Diámetro interior espiga (cms)	15.0	20.0
DEE	Diámetro exterior espiga (cms)	19.8	25.8
DIE	Diámetro interior campana (cms)	21.4	28.0
	Diámetro exterior campana (cms)	27.0	34.7

**b) En tubería de fibrocemento**

Para la conexión domiciliar en tubería de fibrocemento, se emplean: el "slant" a 45 grados con campana (para unir con anillo) y extremo de apoyo para unir a la atarjea o colector con pasta epóxica; y el codo de 45 grados con espiga y campana para su acoplamiento al albañal con anillo de hule (ver Figura 2.13).

Figura 2.13 Descarga domiciliar con tubería de fibrocemento



### c) En tubería de poli(cloruro de vinilo) (PVC)

En este tipo de conexión, se utiliza una silleta de PVC a 45 grados con campana (para unir con anillo) y extremo de apoyo para unir a la atarjea o colector y un codo de 45 grados con espiga y campana para su acoplamiento al albañal con anillo de hule. La silleta se acopla a la atarjea por cementación, o bien, se sujeta por medio de un par

de abrazaderas o cinturones de material resistente a la corrosión en este segundo caso, la silleta está provista de un anillo de hule con el que se logra la hermeticidad con la atarjea. Existe la posibilidad de utilizar "Y" reducidas en lugar de silletas, pero se requiere conocer, antes de instalar las atarjeas, donde se conectarán las descargas domiciliarias (ver Figuras 2.14 a 2.17).

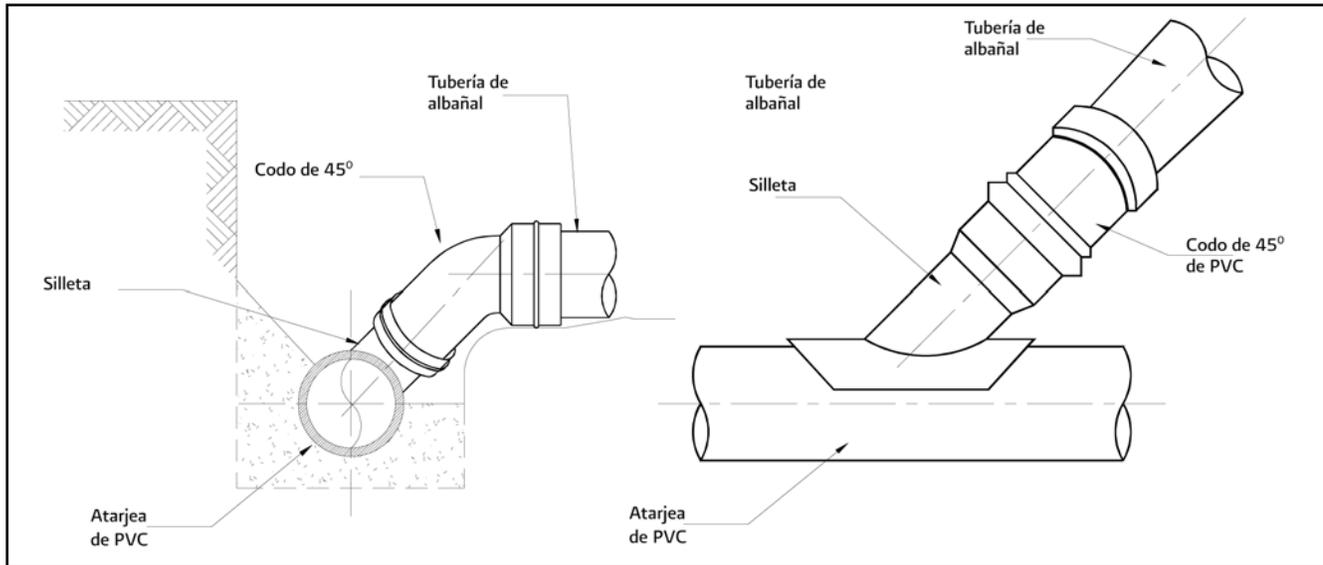


Figura 2.14 Descarga domiciliaria con tubería de PVC

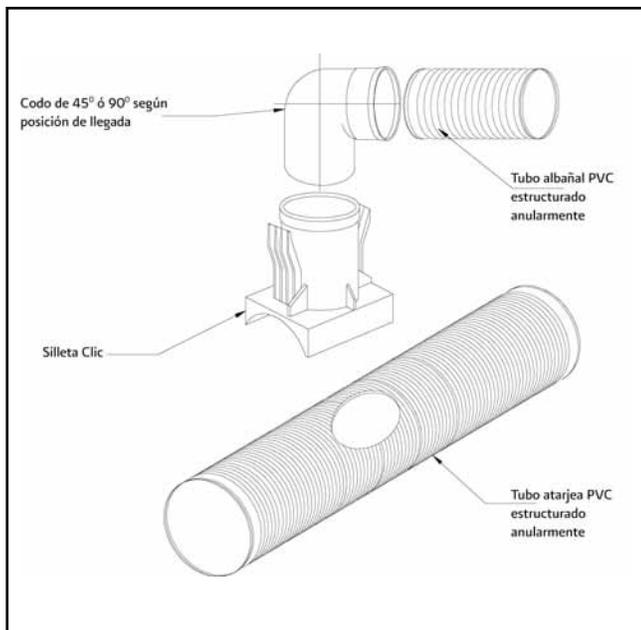


Figura 2.15 Descarga con silleta Clic y tubo

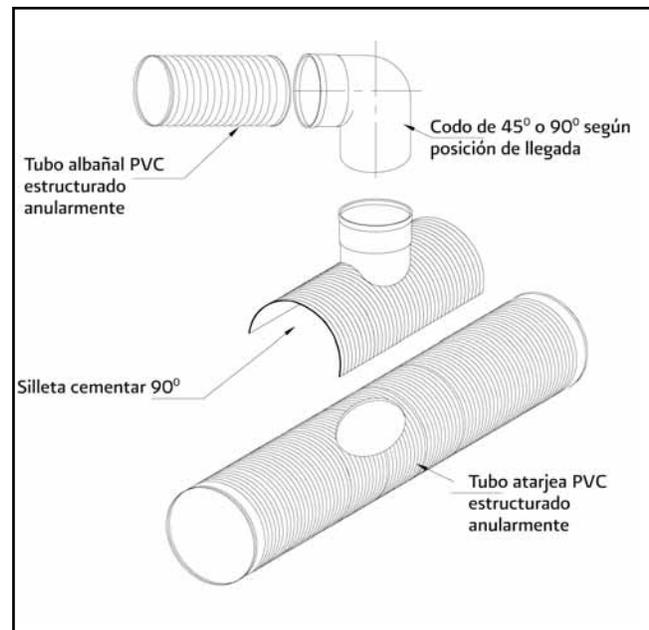


Figura 2.16 Descarga con silleta Cementar 90°

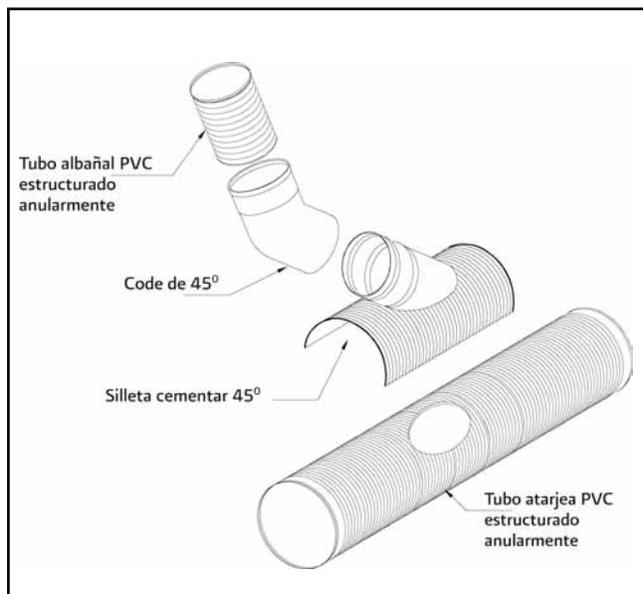


Figura 2.17 Descarga con sileta Cementar 45°

#### d) En tubería de polietileno de alta densidad

Existen diferentes métodos para realizar las descargas domiciliarias estas varían dependiendo el tipo de tubería, su método de instalación es principalmente mecánico y en algunos casos se puede utilizar termofusión o soldadura de aporte, a continuación se enlistan dependiendo el tipo de tubería.

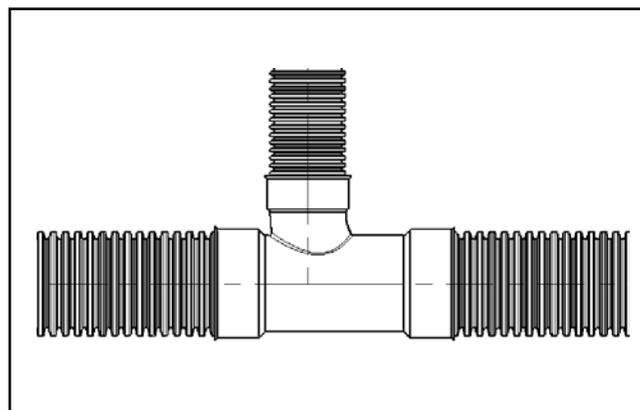


Figura 2.18 Descarga domiciliar con tubería de polietileno con tubería corrugada

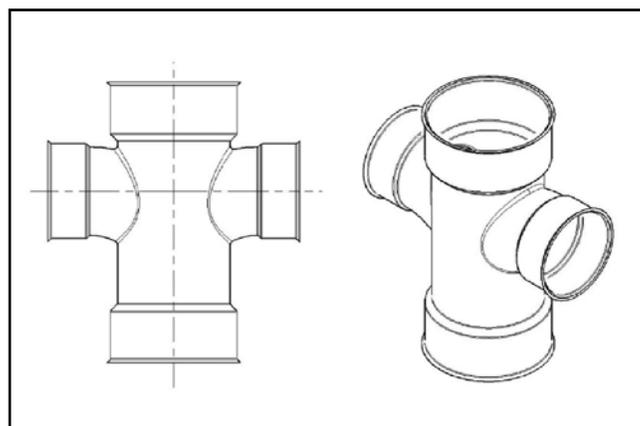


Figura 2.20 Descarga domiciliar con yee doble

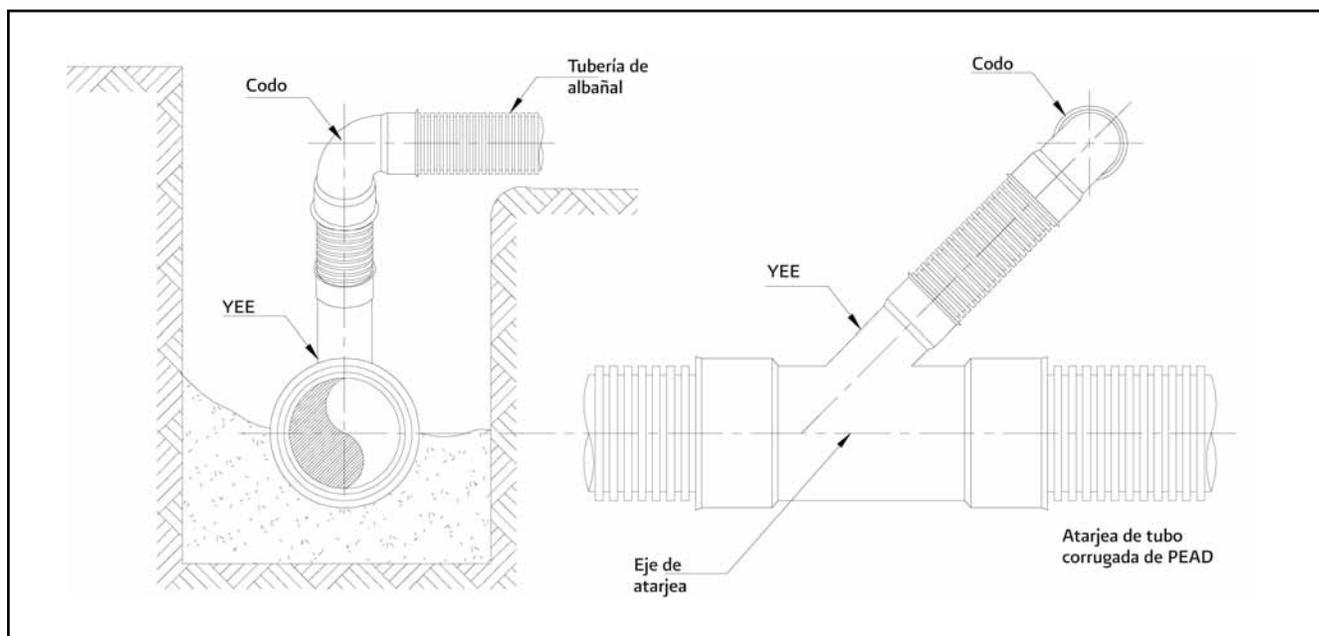


Figura 2.19 Descarga domiciliar tee en yee

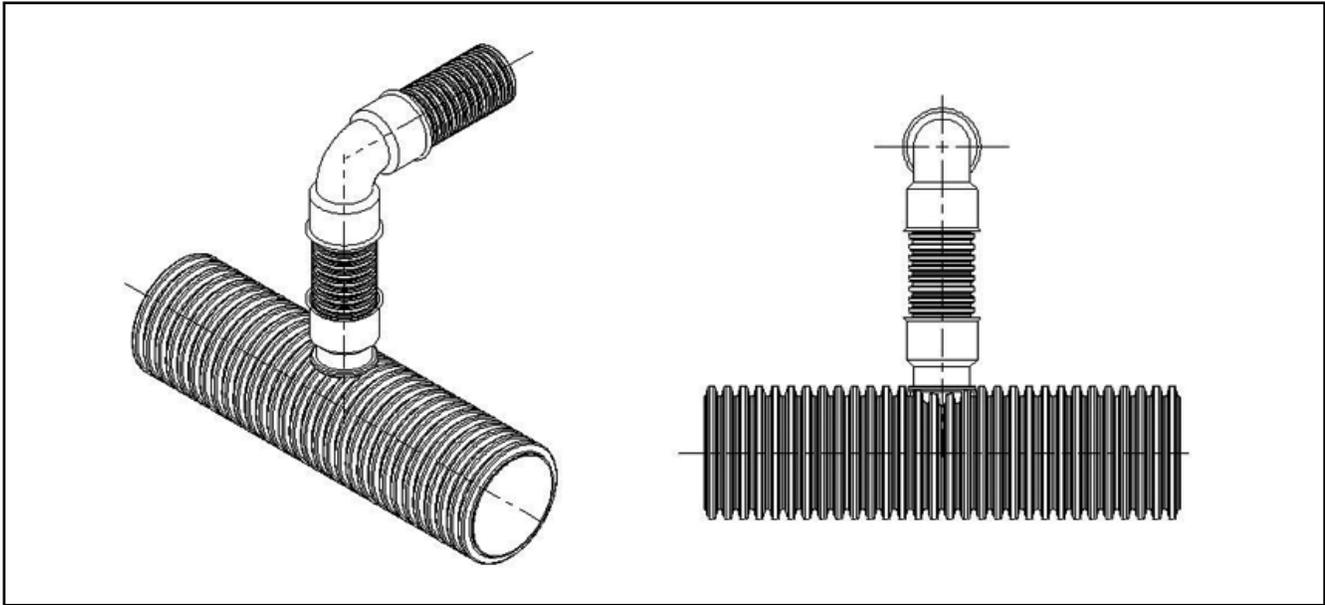


Figura 2.21 Descarga domiciliaria con bota de inserción

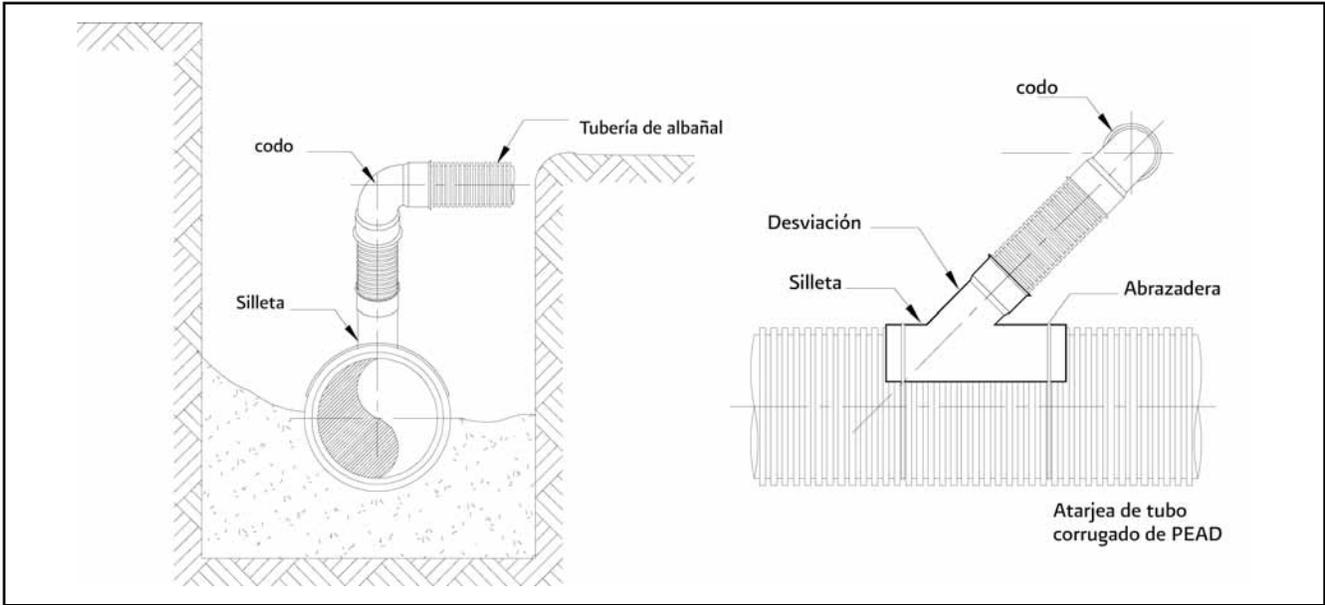


Figura 2.22 Descarga domiciliaria con silleta

**Tubería estructurada**

Generalmente este tipo de tubo se instala en colectores en donde no se te tipo de tubería no requiere de inserciones a la línea, pero si fuera necesario se instala una bota de inserción o con tubería y soldadura de aporte.

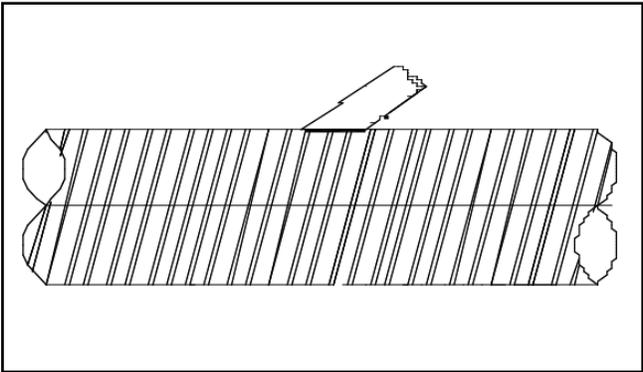


Figura 2.23 Descarga con tubería de aporte

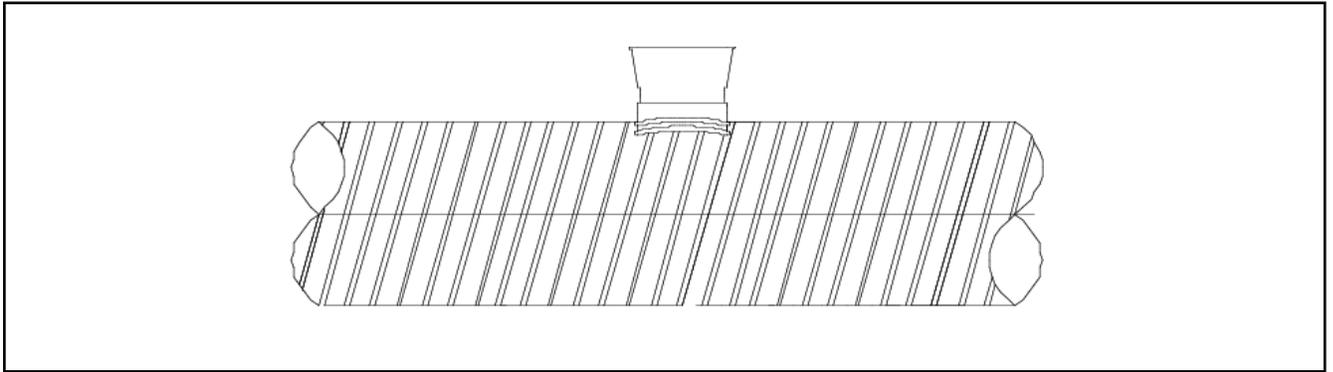


Figura 2.24 Descarga con bota de inserción

### Tubería de pared sólida

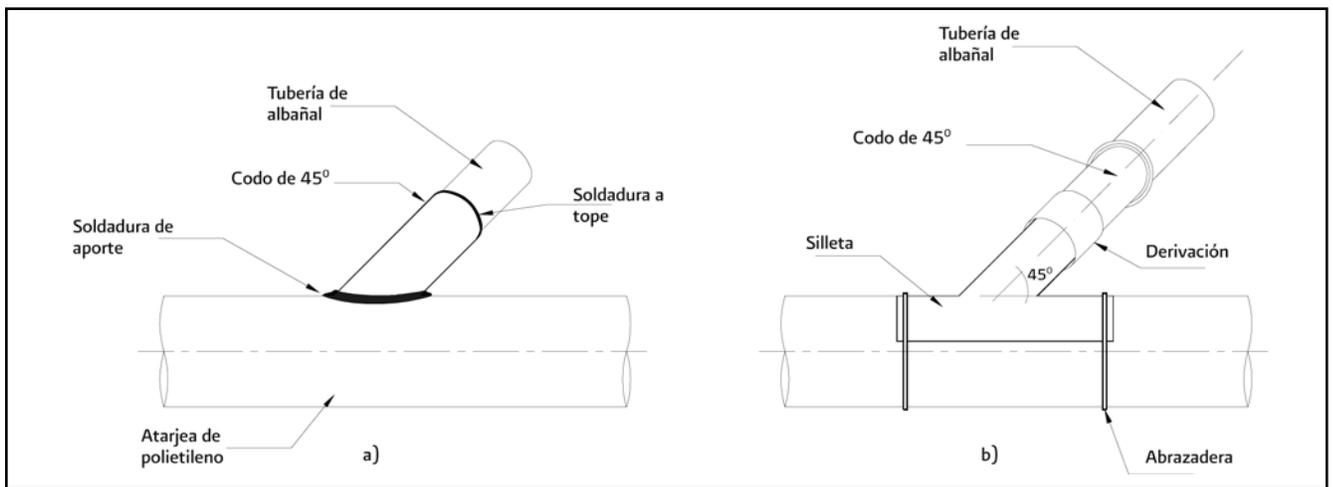


Figura 2.25 Silleta slan

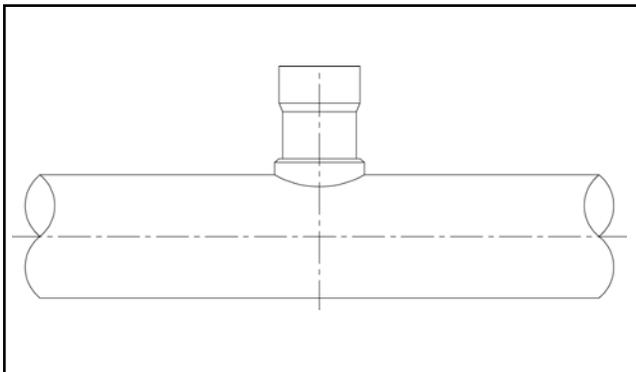


Figura 2.26 Bota de inserción

### e) En tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)

#### 1.- YEE PRFV 45°

Este accesorio realiza la conexión a la línea de drenaje mediante el sistema de cople y junta tipo REKA (Ver figura 2.27). Con este sistema se garantiza una conexión segura y planificada de los sistemas de alcantarillado, además permite tener una descarga construida con materiales homogéneos (Tubería y accesorios de PRFV) en toda la estructura de descarga sanitaria.

DN	dn	DN	n
300	100	400	250
300	150	400	300
300	200	450	100
300	250	450	150
350	100	450	200
350	150	450	250
350	200	450	300
350	250	500	100
350	300	500	150
400	100	500	200
400	150	500	250
400	200	500	300

DN Indica el diámetro principal de la línea de atarjea  
dn Indica diámetro nominal de la descarga

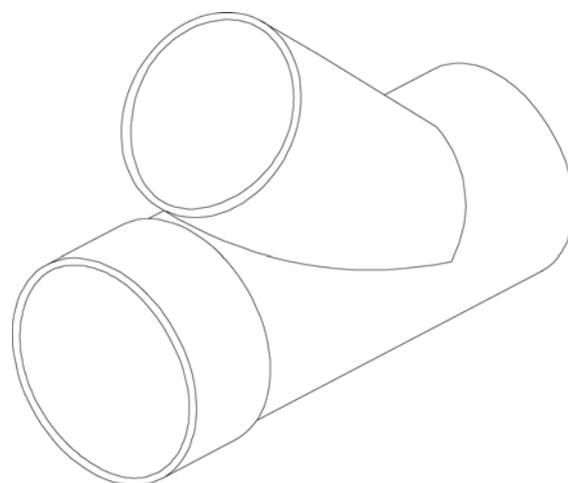


Figura 2.27 YEE PRFV 45° para descarga sanitaria

2.- Otra forma de conexión para la descarga sanitaria sobre la tubería PRFV es utilizando una silleta cuyo asiento es de PRFV y ramal de PVC con extremo campana para unir al albañal (Ver figura 2.28). Los diámetros de esta silleta pueden ser desde 10 cm hasta 30 cm, la inclina-

ción de este ramal puede ser a diferentes grados y no necesariamente a 45°, permitiendo con esto mayor facilidad para el instalador. La hermeticidad de la silleta con la tubería de PRFV se da mediante el uso de tornillos y sellos O-Ring

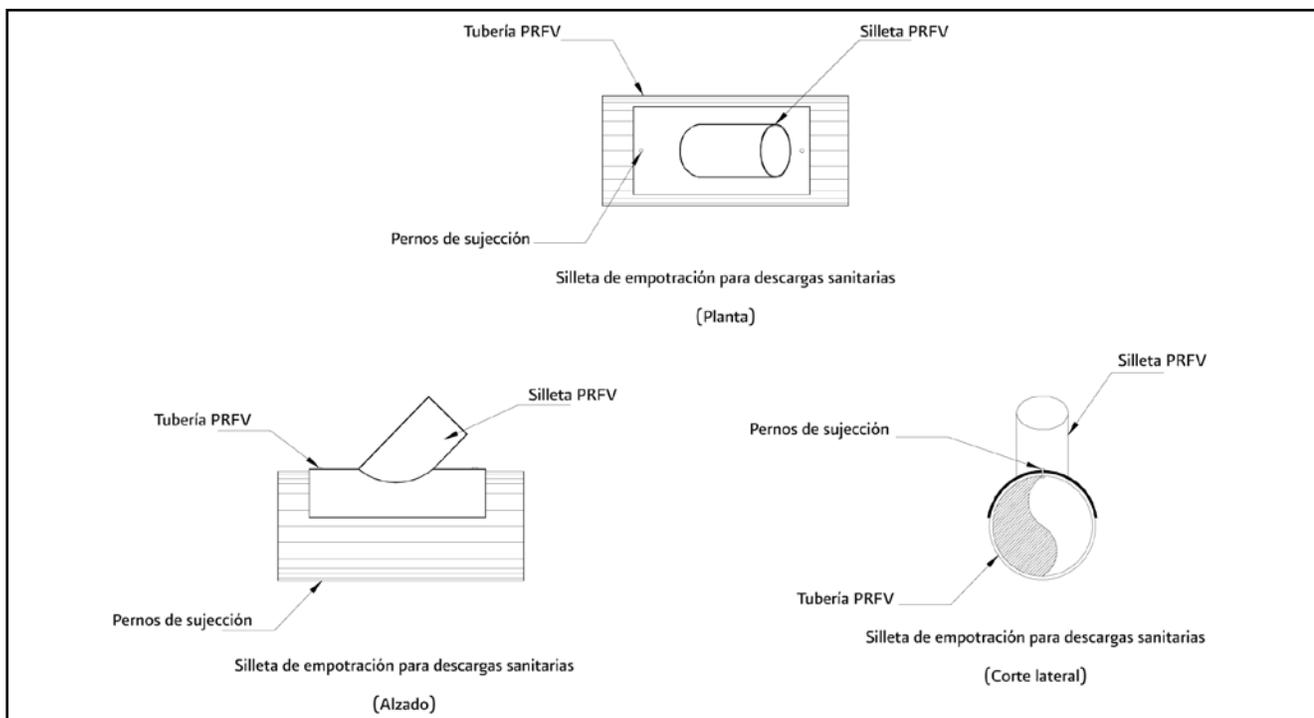


Figura 2.28 Silleta PRFV para descarga sanitaria

## f) Descargas domiciliarias conectadas a diferentes materiales

En los programas de desarrollo social y de mejoramiento de imagen urbana es común la unión de descargas domiciliarias plásticas (nuevas) a atarjeas existentes de concreto; o la reconstrucción de atarjeas y descargas domiciliarias (con materiales plásticos), y su conexión a las descargas domiciliarias existentes de concreto o barro (al nivel de la guarnición de la banqueta o al paramento del predio).

Para estos casos, existen conexiones de poliuretano rígido (PUR) que permiten realizar estas uniones herméticas a través de un procedimiento.

Unión de albañal plástico (nuevo) al albañal existente (concreto o barro).

Este caso se presenta cuando la unión se realiza antes o al llegar al paramento del predio. Se utiliza un accesorio conocido como interconexión de PUR, de 10 o 15 cm según el diámetro de la descarga. La campana de este accesorio, que es de PUR, recibe a la espiga del albañal existente; el sello se logra utilizando mezcla de cemento-arena en proporción 1:1 y aditivos para aumentar la adherencia y la impermeabilidad. Ver figura 2.29.

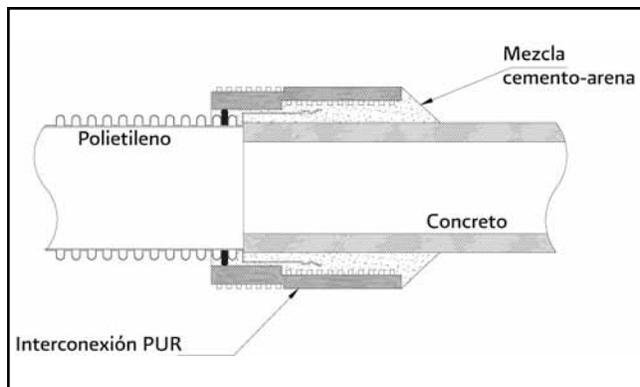


Figura 2.29 Interconexión de PUR (tubería de plástico y concreto)

Unión de albañal plástico (nuevo) a la atarjea existente (concreto).

En este caso el accesorio que se emplea es el slant de PUR. La caja de material plástico y la cubierta de PUR permiten que a través de un procedimiento sistematizado y supervisable se realice la unión como un entronque ramificado a 45 o a 90°. El sello se logra utilizando mezcla de cemento-arena en proporción 1:1 y aditivos para aumentar la adherencia e impermeabilidad. Ver figura 2.30

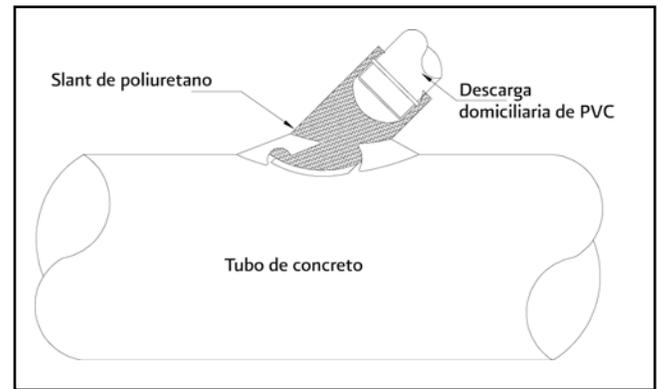


Figura 2.30 Slant de Poliuretano

## 2.2.2 Pozos de visita

Los pozos de visita son estructuras que permiten la inspección, ventilación y limpieza de la red de Alcantarillado, se utilizan para la unión de dos o más tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente, así como para las ampliaciones o reparaciones de las tuberías incidentes (de diferente material o tecnología.)

Los pozos de visita pueden ser prefabricados o construidos en sitio de la obra, los pozos construidos en sitio de la obra se clasifican en:

- Pozos de visita tipo común.
- Pozos de visita tipo especial.
- Pozos tipo caja.
- Pozos comunes.
- Pozos tipo caja de flexión.
- Pozos con caída.
- Pozos con caída libre.
- Pozos con caída adosada
- Pozos con caída escalonada

Los componentes esenciales de los pozos de visita (ver Figura 2.31) pueden ser:

- Base, que incluye campanas de entrada de tubería, espigas de salida de tubería, medias cañas, y banquetas;
- Cuerpo, el cual puede ser monolítico o contar con extensiones para alcanzar la profundidad deseada mediante escalones,
- Cono de acceso (concéntrico o excéntrico),
- Brocal
- Tapa

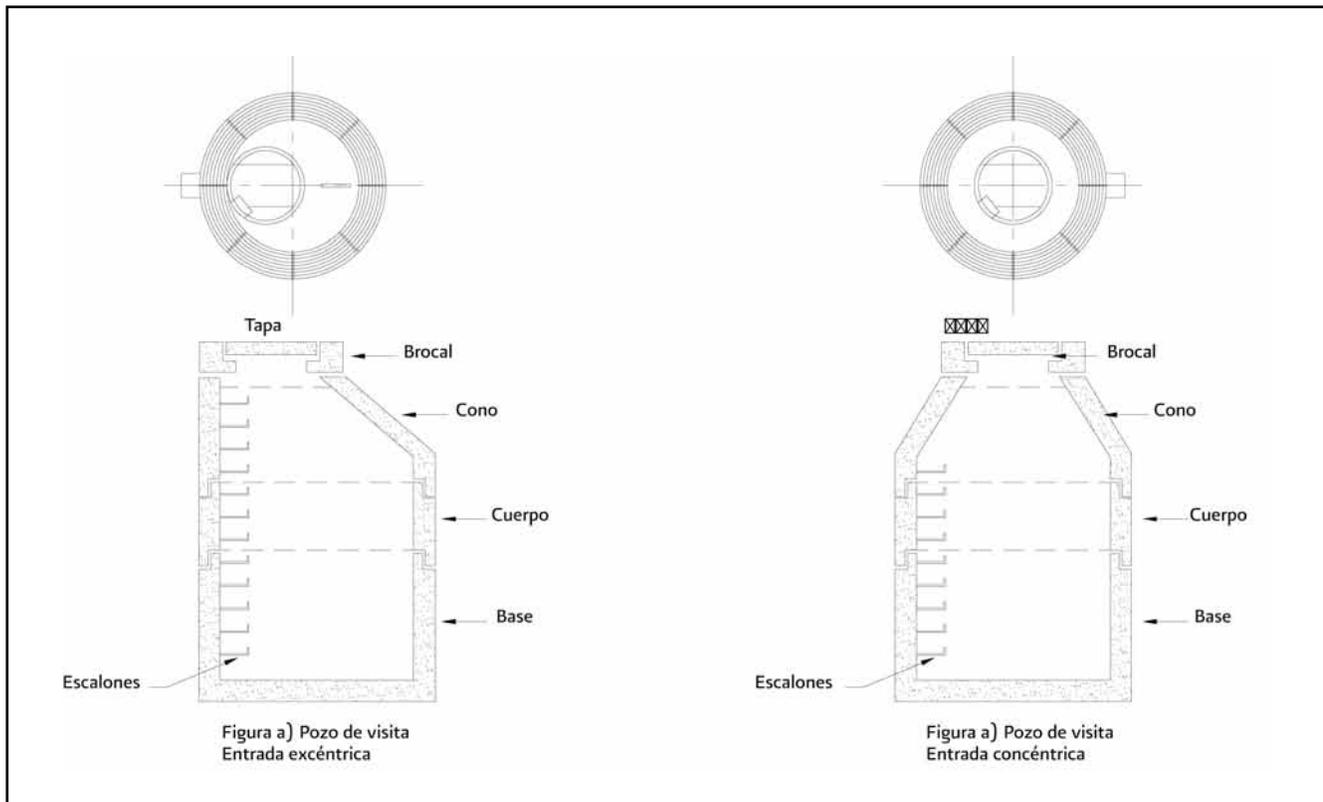


Figura 2.31 Componentes del Pozos de visita

### Pozos de visita prefabricados

Los materiales utilizados en la construcción de los pozos de visita prefabricados son varios, se encuentran los prefabricados de polietileno, concreto, poliéster reforzado con fibra de vidrio, concreto polimérico (polyconcreto), etc., sin embargo e independiente del material de fabricación de éstos, se debe asegurar la hermeticidad de la estructura y de la(s) uniones con la tubería (ver figura 2.32). Estos pozos se entregan en obra como una unidad completa o en secciones (para ser ensamblados en obra), pero deben quedar instalados como una sola unidad (por las características de los materiales con los que se fabrican los pozos prefabricados, se asegura una fácil maniobra e instalación).

Los pozos de visita prefabricados (fabricados) de concreto deben cumplir las especificaciones establecidas en la norma mexicana NMX-C-413-ONNCCE y los pozos de visita prefabricados de cualquier otro material deben de cumplir las especificaciones establecidas en un documento normativo, conforme lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

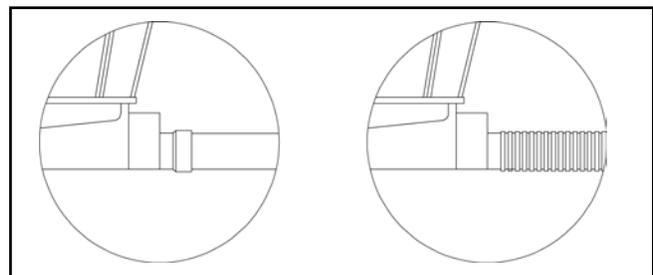


Figura 2.32 Sistemas de unión campana a tubo plástico.

Este importante elemento se fabrica con las preparaciones necesarias para poder conectarse a las tuberías de la red de alcantarillado, mediante el empleo de anillo de material elastomérico en las uniones. Las acometidas laterales al cuerpo principal se pueden realizar "in situ" perforando directamente el cuerpo y uniendo generalmente con sello elastomérico (ver Figura 2.33). Igualmente de esta forma, se pueden producir estructuras disipadoras de energía ó Pozos Adosados

En el caso específico de los pozos de concreto, las perforaciones incidentes se deben hacer en fábrica.

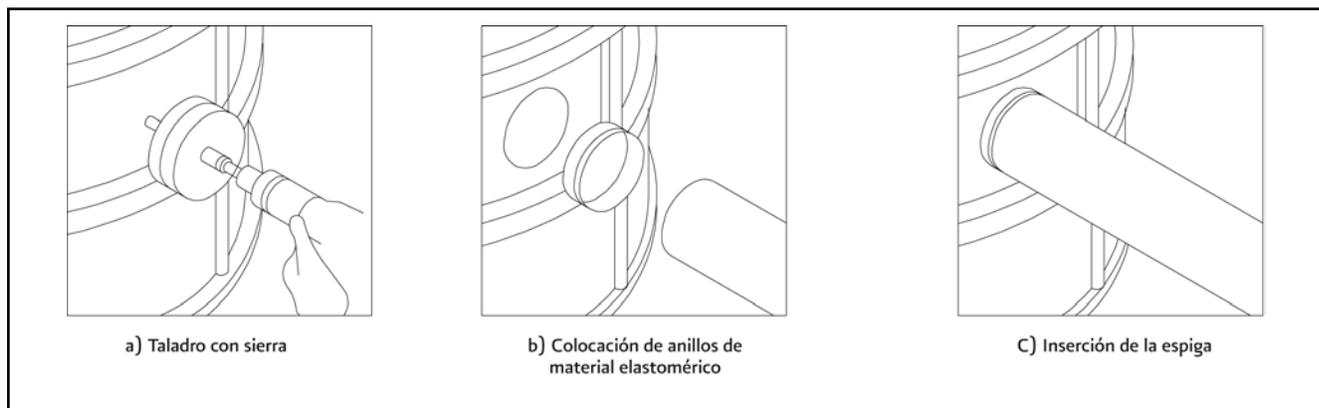


Figura 2.33 Instalación de acometidas laterales "In situ", realizadas mediante taladro de las piezas del pozo prefabricado con una sierra corona.

### 2.2.2.1 Pozos prefabricados de materiales plásticos

Los pozos de polietileno de alta densidad son integralmente "sellados" en su parte inferior con el cuerpo (base) del mismo material. El proceso de manufactura permite la flexibilidad de incorporar las "medias cañas" de acuerdo a las necesidades de flujo hidráulico del proyecto siguiendo las guías de diseño hidráulico establecidas. Permite limpieza por medios mecánicos tradicionales o con mayor facilidad, mediante "Jet Stream" de baja y alta presión y/o "Vactor". Figura 2.34.

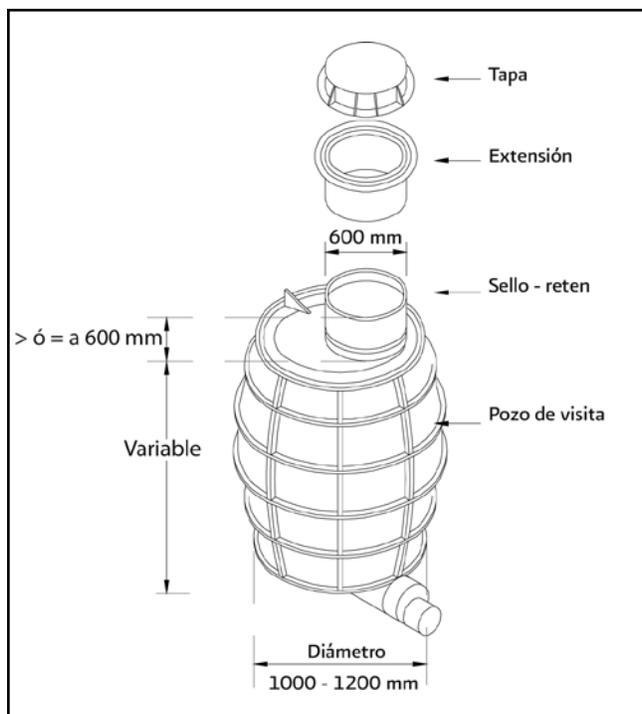


Figura 2.34 Ensamble de un pozo de visita monolítico.

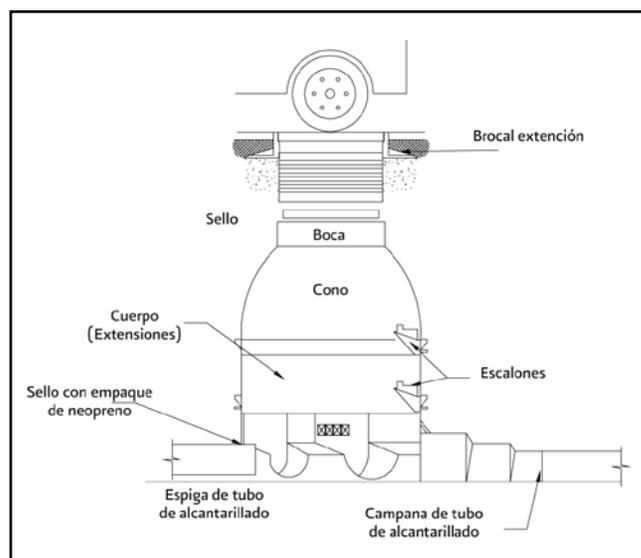
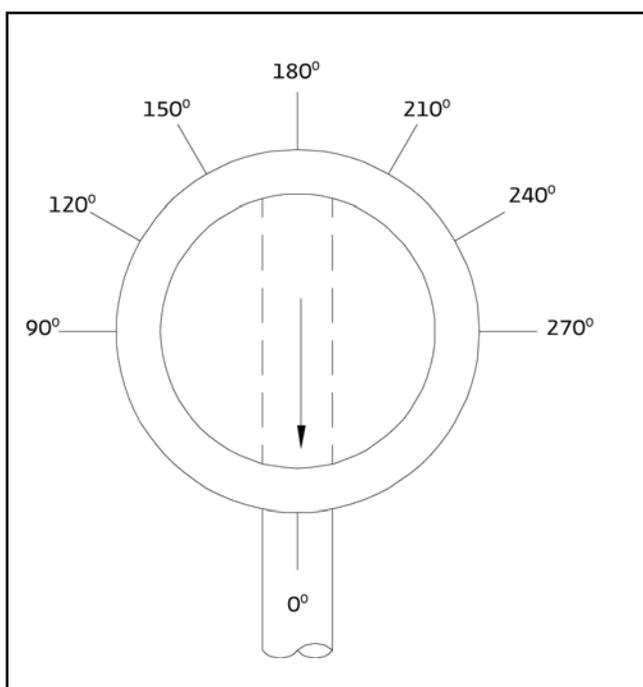
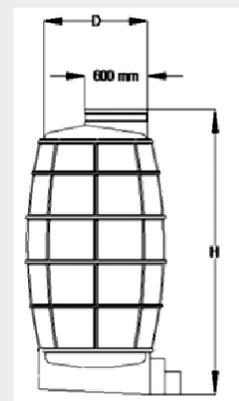


Figura 2.35 Ensamble de un pozo de visita con extensiones.

El diámetro interior mínimo de los pozos de visita prefabricados es de 1000 mm, permitiendo el acceso seguro de los operarios, mediante escalera integrada desde la parte superior del cono hasta la base, en caso de profundidades menores a 2 m se puede utilizar el pozo de visita con diámetro de 1000 mm, siempre y cuando la autoridad local así lo autorice.

**Tabla 2.29 Dimensiones para pozos de visita de material plástico**

Dimensiones en m						
Altura (H)	Diámetro					
Diámetro del pozo (D)	1000	1000	1000 y 1200	1200	1200	1200
1100	200/250	250/300	450			
1600	200/250	250/300	450		500	800
2100	200/250	250/300	450		500	800
2600				400	500	800
3100				400	500	800
3600				400	500	800
4100				400	500	800
4600				400	500	800



**Figura 2.36 Lectura de posiciones de entradas de descargas en grados y en sentido de manecillas de reloj**

Los diámetros de tuberías a recibir pueden ir desde 200mm hasta 450 mm en un Pozo de 1000mm de diámetro. Y desde 200mm hasta 800mm en Pozos de 1200 mm de diámetro.

En cuanto a componentes cercanos a la superficie, existe el elemento o arillo para ajuste de altura sobre el cono, estos deberán conectar el elevador-cono con la tapa de los pozos, que generalmente es prefabricada de diferentes materiales y para diferentes aplicaciones.

En el caso de los pozos de visita plásticos se deben seguir las instrucciones del fabricante para lograr aislar las cargas de la superficie y del brocal hacia el cuerpo del pozo de visita, así mismo, estos componentes permitirán los movimientos de asentamiento después de la instalación ó repavimentaciones comunes y que permitan el ajuste de altura hacia el Pozo de Visita.

### 2.2.2.2 Pozos prefabricados de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)

Los pozos de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio están diseñados para trabajar sin presión (excepto la presión de columna de agua interior del fluido circulante que pueda alcanzar, con un máximo de 12 m.c.a.). Los pozos de visita de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio pueden ser fabricados para que la tubería de la conducción tome ángulos de cualquier grado; también están disponibles en alturas totales desde 1.5m hasta 12 m, según las necesidades de cada proyecto.

Los pozos de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio se clasifican en tipo A y tipo B.

Los pozos de visita de PRFV tipo A son aquellos en donde el diámetro de la conducción es menor ó igual a 1200 mm. El diámetro de acceso se suministra en DN 1200 mm permitiendo el acceso seguro de los operarios, mediante escalera integrada desde la parte superior hasta la base

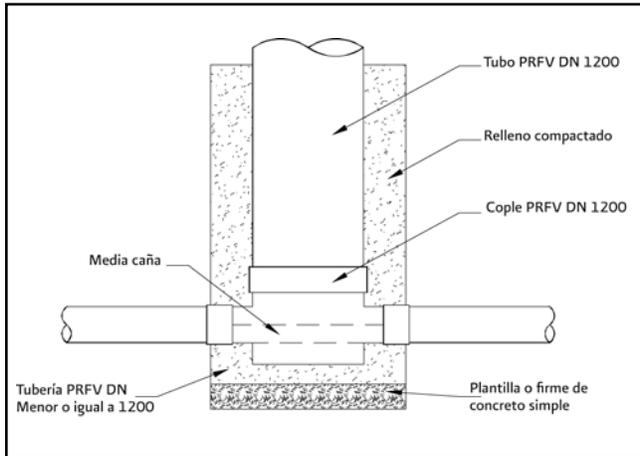


Figura 2.37 Pozo de visita de PRFV tipo A

Los pozos de visita de PRFV tipo B son aquellos en donde el diámetro de la conducción superiores a 1200 mm de diámetro. El diámetro de acceso se suministra en DN 1200 mm permitiendo el acceso seguro de los operarios ya que el paso hombre es tangencial y con escalera integrada desde la parte superior del cono hasta la base.

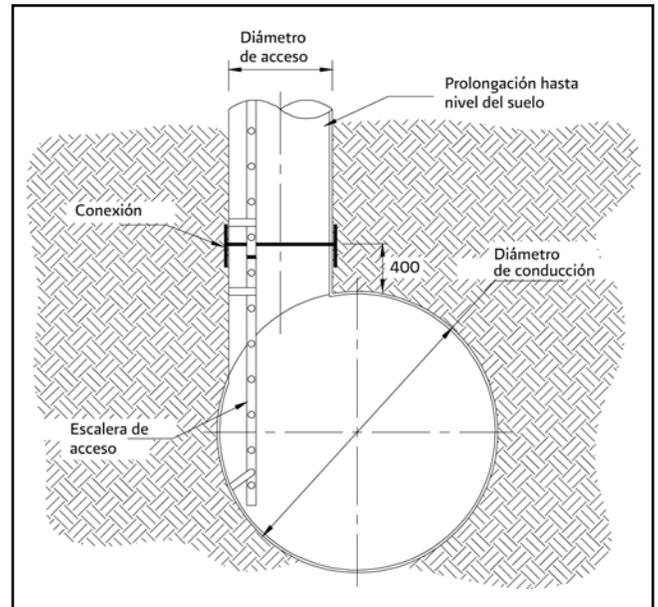


Figura 2.38 Pozo de visita de PRFV tipo B

En caso de existir carga vehicular por encima de los pozos, se deberán disponer de losas de concreto armado para transmitir estas cargas al suelo que rodea al pozo.

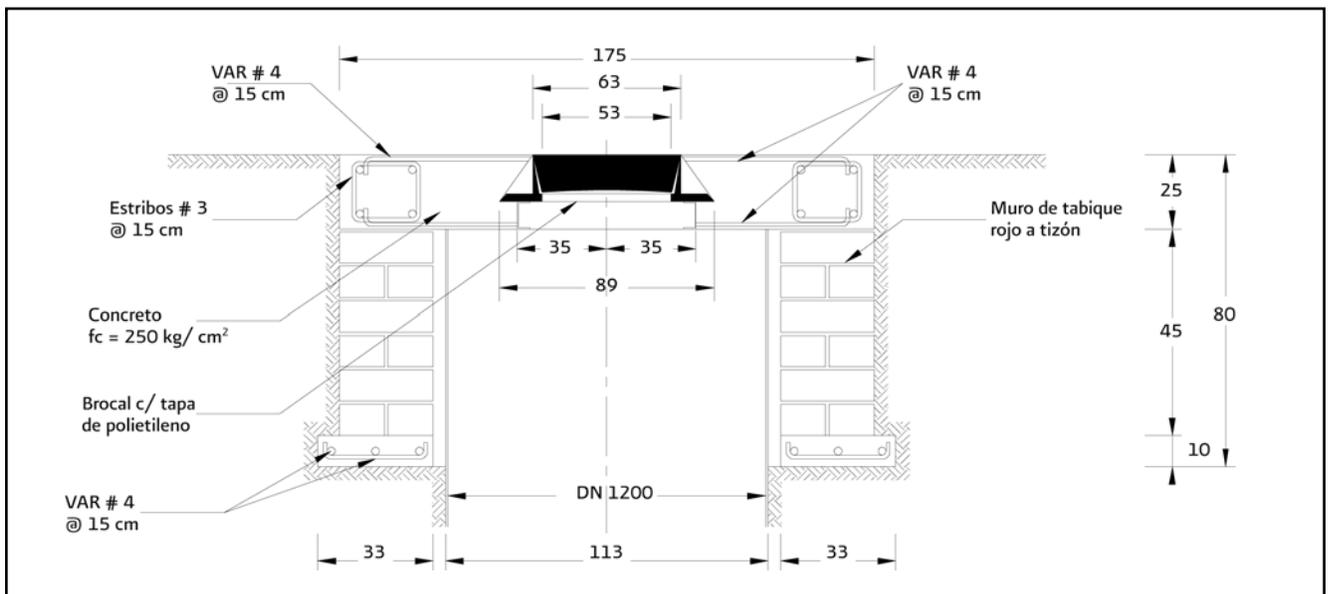


Figura 2.39 Detalle losa tapa para pozo de visita de PRFV

### 2.2.2.3 Pozos construidos en sitio

Los pozos que se construyen en el lugar de la obra, comúnmente utilizan tabique, concreto reforzado o mampostería de piedra. Cuando se usa tabique de concreto o ladrillo, el espesor mínimo debe ser de 28 cm a cualquier profundidad. La base de los pozos de visita hechos en obra debe ser de concreto monolítico ( $F'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ ), con espesor mínimo de 15 cm hasta una altura mínima a 50 cm sobre el lomo de los tubos incidentes, armado con acero de refuerzo. Este tipo de pozos de visita se deben aplanar y pulir exterior e interiormente con mezcla cemento-arena mezclada con aditivos epóxicos que garantizan la estanqueidad y así garantizar la hermeticidad

de los agentes externos. El cemento utilizado debe ser resistente a sulfatos (Tipo CPO30 RSBRA); el espesor del aplanado debe ser como mínimo de 1 cm. En el interior y exterior del pozo. Además, se debe de garantizar la hermeticidad de la conexión del pozo con la tubería, empleando accesorios como mangas de poliuretano rígido, mangas de neopreno etc. u otros que aseguren la hermeticidad a largo plazo al reducir los esfuerzos cortantes ante la presencia de asentamientos diferenciales y movimientos producidos por las cargas vivas, sismos o cualquier otro fenómeno vibratorio, así como facilitar el reemplazo de tuberías unidas al pozo utilizando anillos de hule (ver Figura 2.40 y Figura 2.41).

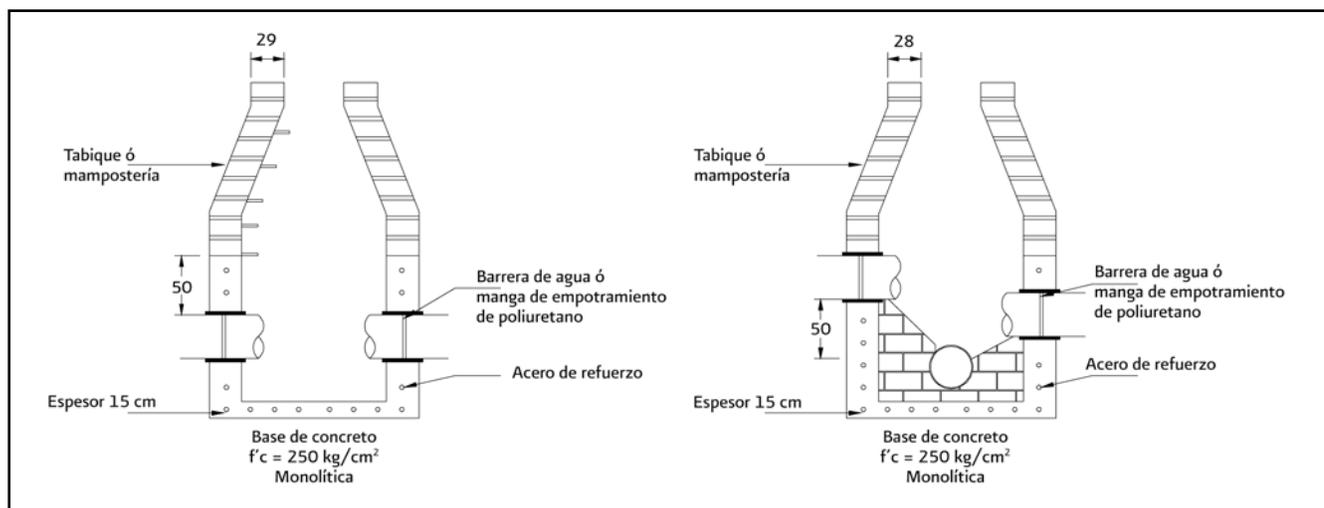


Figura 2.40 Pozos de visita construidos en sitio.

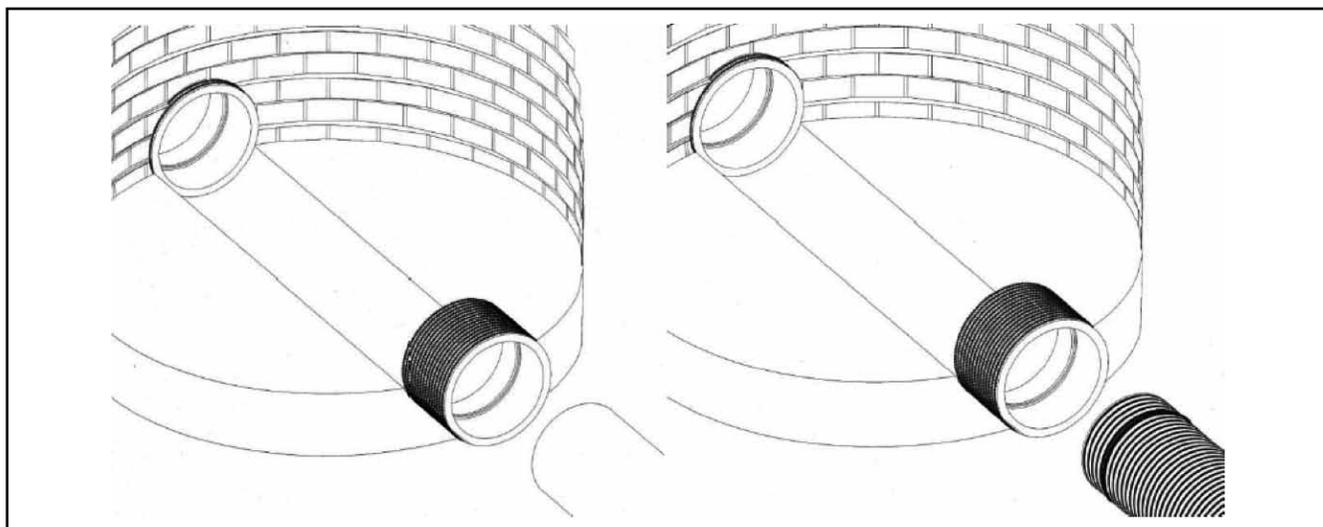


Figura 2.41 Colocación de manga de empotramiento de poliuretano rígido (PUR)

## Descripción de los pozos de visita

### a) Pozos comunes

Los pozos de visita comunes están formados por una chimenea de forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior, y son utilizados hasta 800 mm. (ver figuras 2.42)

Todos los pozos comunes deben asentarse sobre una plantilla de material base compactada a 95% proctor con espesor mínimo de 10 cm. En terrenos suaves esta plantilla se construye de concreto armado. En cualquier caso, la media caña y las banquetas del pozo pueden ser aplanadas con mortero o con el mismo material del pozo. El acceso a la superficie se protege con un brocal con tapa de fierro fundido, concreto, polietileno u otros materiales de acuerdo a la carga exterior de la vialidad; estas tapas deben ser con respiraderos, con lo cual se permita la ventilación del pozo y la salida de gases.

La media caña de los pozos de visita comunes debe formar un conducto que continúe el flujo de las tuberías incidentes y cuyos lados formen las banquetas donde se pararan las personas que entren a los pozos. Opcionalmente y en función del tamaño del pozo de visita, pueden incorporarse escalones de material no corrosible, acero o de fierro fundido plastificados empotrados en las paredes del pozo, que permitan el descenso y ascenso seguro del personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado.

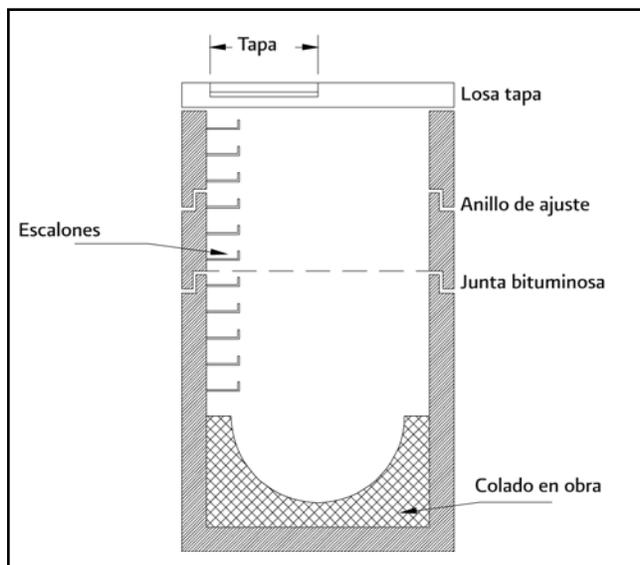


Figura 2.42 Pozo de visita común

Los pozos de visita comunes tienen un diámetro interior de 1,00 m, se utilizan para unir tuberías de hasta 0,76 m de diámetro, con entronques de hasta 0,45 m de diámetro y permiten una deflexión máxima en la tubería de 90 grados.

### b) Pozos especiales

Este tipo de pozos son de forma similar a los pozos de visita comunes, excepto que la base es de diámetro mayor para albergar tuberías incidentes mayores a 0.76 m de diámetro, estos pozos se pueden reducir una vez pasando la parte superior de los tubos incidentes para terminarlo como los pozos comunes.

Existen dos tipos de pozos especiales:

1. Tipo 1. De 1,50 m de diámetro interior, se utiliza con tuberías incidentes mayores de 0,76 m y hasta 1,07 m de diámetro nominal, y de 1,80 m de diámetro interior, se utilizan para tuberías incidentes con diámetros para 1,22 m con entronques a 90 grados de tuberías de hasta 0,3 m y permite una deflexión máxima en la tubería de 45 grados.
2. Tipo 2. De 2,0 m de diámetro interior, se usa con tuberías incidentes de diámetros mayores de 1.50 m con entronques a 90 grados de tuberías de hasta 0,3 m y permite una deflexión máxima en la tubería de 45 grados.

Tabla 2.30 Dimensiones para pozo de visita especial

Dimensiones en cm	
Diámetro del pozo	Diámetro máximo para tubería incidente
150	107
180	122
200	150

### c) Pozos caja

Están formados por el conjunto de una caja y una chimenea similar a la de los pozos comunes y especiales, la cual al nivel de la superficie, termina con un brocal con tapa. Su sección transversal horizontal tiene forma rectangular o de un polígono regular. Generalmente a los pozos cuya sección horizontal es rectangular, se les llama sim-

plemente pozos caja unión. Estos pozos no permiten deflexiones en las tuberías. Sus uniones de tubería se dan a 180° (en línea recta)

Existen tres tipos de pozos caja:

- El tipo 1, que se utiliza en tuberías de 0.75 a 1.10 m de diámetro con entronques a 45 grados hasta de 0.60 m de diámetro;
- El tipo 2, que se usa en tuberías de 0.76 a 1.22 m de diámetro con entronques a 45 grados hasta de 0,76 m de diámetro; y
- El tipo 3, el cual se utiliza en diámetros de 1.50 a 2.44 m con entronques a 45 grados hasta de 0.76 m de diámetro.

**Tabla 2.31 Dimensiones para pozos caja**

Dimensiones en cm			
Dimensiones de la Base	Diámetro máximo del tubo incidente.	Anillo de ajuste	Cono
240 X 240	122	50 X 1.20	120 / 60 X 100
292 X 242	152	50 X 1.20	120 / 60 X 100
344 X 240	122	50 X 1.20	120 / 60 X 100
	213	50 X 1.20	120 / 60 X 100

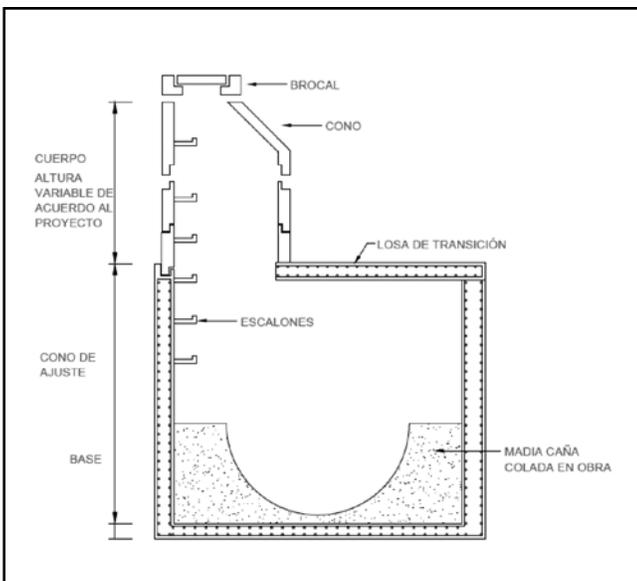


Figura 2.43. Ejemplo de un pozo tipo caja

#### d) Pozos tipo caja de deflexión

Se les denomina así a los pozos caja de sección horizontal en forma de polígono Irregular y generalmente son colados en sitio. Estos pozos permiten deflexiones en las tuberías.

Existen tres tipos de pozos caja deflexión:

- a) El Tipo 1, se utiliza en tuberías de hasta 1.52 m de diámetro con entronques a 45 grados de tuberías hasta de 1.20 m de diámetro; y
- b) El Tipo 2, el cual se usa en diámetros de hasta 2 m con entronques a 45 grados de tuberías hasta de 1.52 m de diámetro generalmente colados en sitio.
- c) El tipo 3, se les nombra de esta forma a los pozos caja en los que concurre una tubería de entrada y tienen sólo una de salida con un ángulo de 45 grados como máximo. Se utilizan en tuberías de 1.50 a 3.05 m de diámetro.

#### e) Pozo tangencial

Están formados por un tubo (Tee tangencial) de diámetro igual al diámetro principal de la línea de drenaje y el diámetro de acceso son utilizados con tuberías de diámetro desde 90 cm hasta 305 cm, sus estructuras pueden tener una altura desde 1 m hasta la altura requerida por el proyecto.

**Tabla 2.32 Pozos tangencial**

Dimensiones en mm		
Diámetro del colector	Diámetro del pozo	Diámetro de la tapa o brocal
1200-3000	1200	600

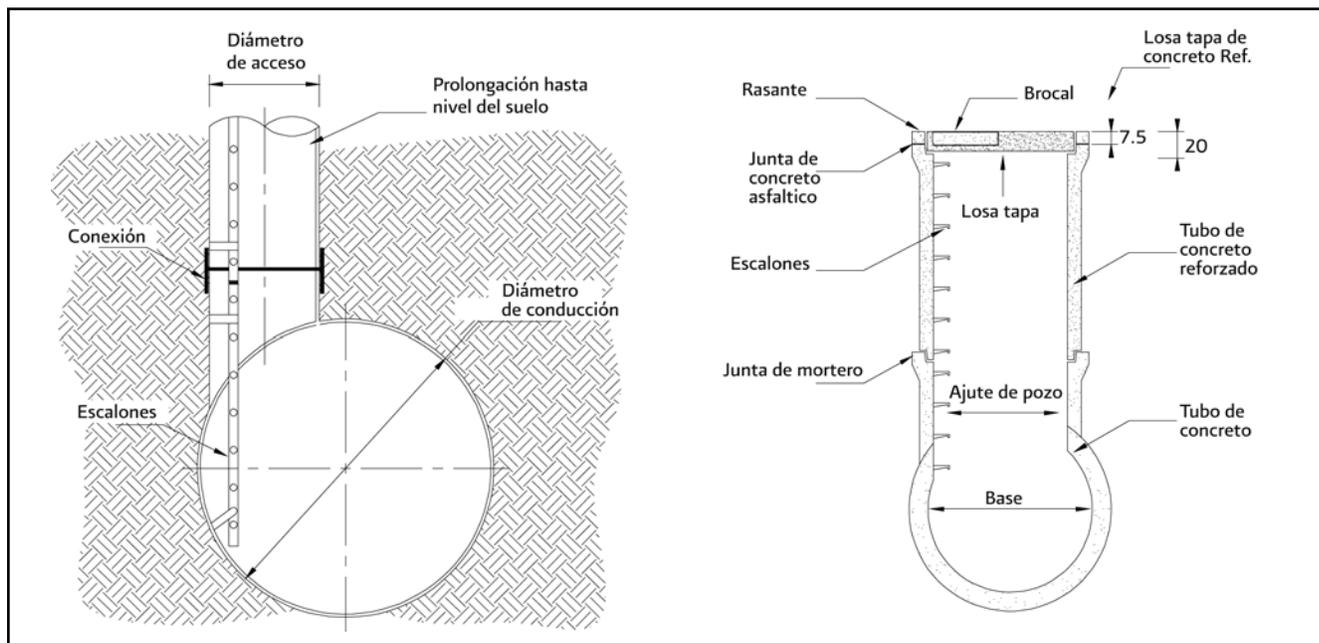


Figura 2.44 Ejemplo de pozo lámpara.

### Seguridad al introducirse en espacios confinados

Para la introducción de personal dentro del sistema de alcantarillado sanitario se deben tener ciertos cuidados ya que se trata de un espacio confinado donde existen ciertos riesgos que se pueden y deben prevenir para evitar accidentes.

Se debe monitorear la atmósfera dentro del espacio confinado antes y durante la presencia de personal dentro del espacio confinado. El monitoreo debe realizarse con equipos calibrados y se deben verificar al menos cuatro parámetros y vigilar que todos se mantengan dentro de los rangos recomendados.

Oxígeno – entre 19.5 y 21%

Monóxido de carbono – 35 ppm máximo

Acido sulfídrico – 10 ppm máximo

Límite Inferior de explosividad (metano) – Menor al 10%

Se debe destapar un pozo de visita adicional al pozo de visita donde se va a acceder, lo anterior para facilitar el flujo de ventilación.

Se debe ventilar antes y durante la presencia del personal dentro del espacio confinado. La ventilación puede hacerse ya sea mediante la extracción de aire en el pozo de visita inmediatamente anexo al pozo donde se va a

accesar, o bien introduciendo aire forzado al pozo de visita donde se va a acceder. Una combinación de ambas ventilaciones también puede ser usada. La ventilación mediante la extracción de aire en el pozo de visita inmediatamente anexo es la opción normalmente recomendada.

Los trabajadores que acceden a los pozos de visita deben estar adecuadamente vestidos, al menos con botas de trabajo, casco y arnés con argollas a la altura de los hombros, de manera que el trabajador pueda ser extraído de forma vertical a través de la boca del pozo de visita. El trabajador deberá tener en todo momento conectado el arnés al cable de extracción de emergencia.

Se debe contar con un tripie clasificado para uso humano para facilitar el acceso y salida al espacio confinado.

En todo momento se debe contar con personal de apoyo en la inmediata cercanía del acceso al pozo de visita, mientras el operador se encuentra dentro del pozo de visita.

En todo momento debe existir comunicación vía radio UHF entre el o los operadores dentro del espacio confinado y los trabajadores de apoyo fuera del espacio confinado.

Se debe contar con iluminación suficiente dentro del espacio confinado.

Se debe llenar un formulario y ser firmado por el o los operadores que se van a introducir al espacio confinado, así como por el supervisor que esta ordenando la intro-

ducción de personal al espacio confinado, donde ambas partes estén de acuerdo en que se han cubierto todas las medidas de seguridad arriba mencionadas. En caso de no llenarse el formulario a satisfacción de ambas partes, no se deberá introducir personal al espacio confinado.

### 2.2.3 Estructuras de caída

Por razones de carácter topográfico o por tenerse elevaciones obligadas para las plantillas de algunas tuberías, suele presentarse la necesidad de construir estructuras que permitan efectuar en su interior los cambios bruscos de nivel.

Las estructuras de caída que se utilizan son:

- Caídas libres.- Se permiten caídas hasta de 0.50 m dentro del pozo sin la necesidad de utilizar alguna estructura especial.
- Pozos con caída adosada.- Son pozos de visita comunes, a los cuales lateralmente se les construye una estructura que permite la caída en tuberías de 0.20 y 0.25 m de diámetro con un desnivel hasta de 2 m.
- Pozos con caída.- Son pozos constituidos también por una caja y una chimenea, a los cuales en su interior se les construye una pantalla que funciona como deflector del caudal que cae. Se construyen para tuberías de 0.30 a 0.76 m de diámetro y con un desnivel hasta de 1.50 m.
- Estructuras de caída escalonada.- Son estructuras con caída escalonada cuya variación es de 0.50 m hasta llegar a 2.50 m (cinco tramos) como máximo, que están provistas de dos pozos de visita en los extremos, entre los cuales se construye la

caída escalonada; en el primer pozo, se localiza la plantilla de entrada de la tubería, mientras que en el segundo pozo se ubica su plantilla de salida. Este tipo de estructuras se emplean en tuberías con diámetros desde 0.90 hasta de 2.50 m.

### 2.2.4 Sifones invertidos

Cuando se tienen cruces con alguna corriente de agua, depresión del terreno, estructura, tubería o viaductos subterráneos, que se encuentren al mismo nivel en que debe instalarse la tubería, generalmente se utilizan sifones invertidos.

La topografía local puede exigir la ejecución de obras especiales dada la necesidad de superar obstáculos como, quebradas, ríos, canalizaciones de aguas pluviales, aductoras, cruce de túneles subterráneos (metros), cruces con alguna corriente de agua, depresión del terreno, estructura, tubería o viaductos subterráneos, que se encuentren al mismo nivel en que debe instalarse la tubería, generalmente se utilizan sifones invertidos

Los principales tipos de sifones son los que se indican a continuación.

- Ramas oblicuas
- Pozo vertical
- Ramas verticales
- Con cámara de limpieza

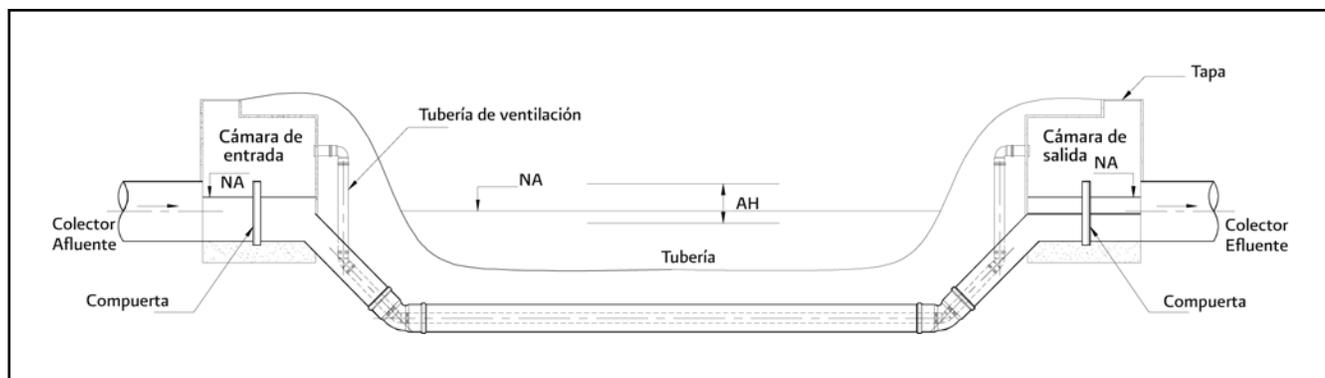


Figura 2.45 Sifón de Ramas Oblicuas

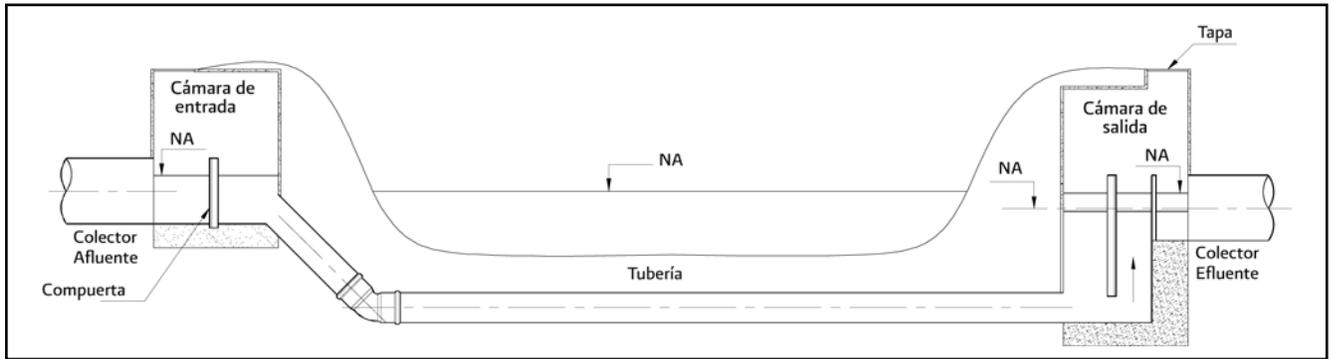


Figura 2.46 Sifón con pozo vertical

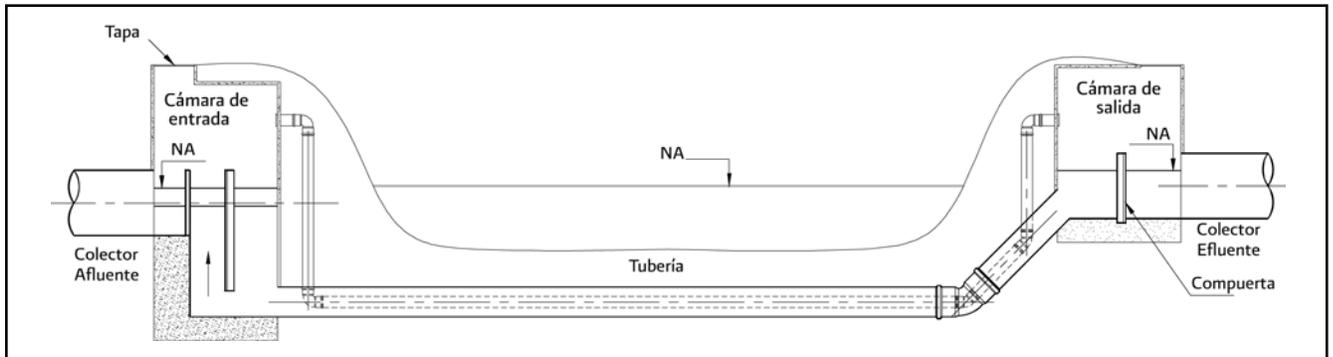


Figura 2.47 Sifón con pozo vertical

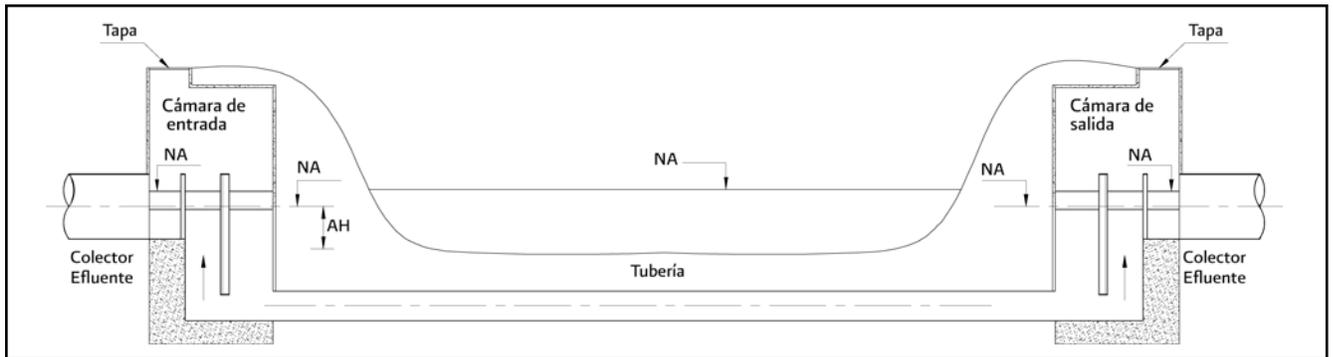


Figura 2.48 Sifón con ramales verticales

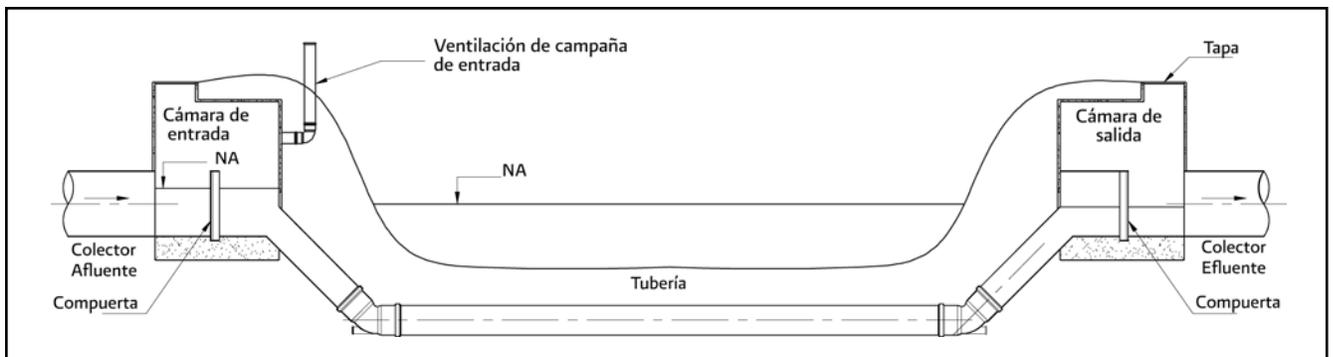


Figura 2.49 Sifón con cámara de limpieza

- Tipo a) Se emplea para cruces de obstáculos para lo que se cuenta con suficiente desarrollo, y en terrenos que no presentan grandes dificultades de ejecución.
- Tipos b y c) Con una o dos ramas verticales son preferidos para emplazamientos de poco desarrollo o en caso de grandes dificultades constructivas. Sus características de fácil limpieza y reducido espacio, los hacen muy aconsejables.
- Tipo d) Con cámaras de limpieza, tiene su aplicación en obras de cruce de vías subterráneas.

Es una obra de costo relativamente elevado y presenta dificultades de limpieza y desobstrucción, razón por la cual debe ser utilizado solamente después de un estudio comparativo con otras alternativas.

En su diseño, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Velocidad mínima de escurrimiento de 1.20 m/s para evitar sedimentos.
- Analizar la conveniencia de emplear varias tuberías a diferentes niveles, para que, de acuerdo a los caudales por manejar, se obtengan siempre velocidades adecuadas. La primera tubería tendrá capacidad para conducir el gasto mínimo de proyecto.
- En el caso de que el gasto requiera una sola tubería de diámetro mínimo de 20
- cm, se acepta como velocidad mínima de escurrimiento la de 60 cm/s.
- Se deben proyectar estructuras adecuadas (cajas), tanto a la entrada como a la salida del sifón, que permitan separar y encauzar los caudales de diseño asignados a cada tubería.

Se deben colocar rejillas en una estructura adecuada, aguas arriba del sifón, para detener objetos flotantes que puedan obstruir las tuberías.

Pueden ser utilizados tubos de hierro fundido dúctil, concreto armado, acero y plástico sin embargo es más frecuente el uso de hierro fundido dúctil por su facilidad de instalación.

En los casos en que es construido sobre lechos o cursos de agua, se debe verificar su peso o anclar las tuberías, para evitar su flotación, condición que puede ocurrir durante el período de construcción o cuando es vaciado para reparaciones.

Los tubos livianos generalmente llevan un recubrimiento de mortero(cemento-arena) para evitar la flotación y su desplazamiento sirviendo además para su protección.

## 2.2.5 Cruces elevados

Cuando por necesidad del trazo, se tiene que cruzar una depresión profunda como es el caso de algunas cañadas o barrancas de poca longitud, generalmente se logra por medio de una estructura que soporte la tubería. La tubería puede ser de acero o polietileno, la estructura por construir puede ser un puente ligero de acero, de concreto o de madera, según el caso.

La tubería para el paso por un puente vial, ferroviario o peatonal, debe ser de acero y estar suspendida del piso del puente por medio de soportes que eviten la transmisión de las vibraciones a la tubería, la que debe colocarse en un sitio que permita su protección y su fácil inspección o reparación. A la entrada y a la salida del puente, se deben construir cajas de inspección o pozos de visita.

## 2.2.6 Cruces subterráneos con carreteras y vías de ferrocarril

Para este tipo de estos cruces, la práctica común es usar tubería de concreto o tubería de acero con un revestimiento de concreto. En algunos casos el revestimiento se coloca únicamente para proteger a la tubería de acero del medio que la rodea; en otros casos, se presenta la solución en que la tubería de acero es solo una camisa de espesor mínimo y la carga exterior la absorbe el revestimiento de concreto reforzado, en forma de conducto rectangular. Para la tubería de concreto, lo más recomendable para su instalación es a través del método hincado, ya que permite su instalación sin abrir zanja. El tipo de cruce elegido debe contar con la aprobación de la SCT.

En cruces ferroviarios, una solución factible cuando el diámetro de la tubería de alcantarillado es menor o igual a 30 cm, es introducir la tubería dentro de una camisa formada por un tubo de acero hincado previamente en el terreno, el cual se diseña para absorber las cargas exteriores. Este tipo de cruces deben de construirse de acuerdo a las especificaciones de los FFCC, quienes deben de aprobar el proyecto.

### 2.2.7 Cruces subterráneos con ríos, arroyos o canales

Se debe de tener especial cuidado en desplantar el cruzamiento a una profundidad tal que la erosión de la corriente no afecte a la estabilidad de éste. Este tipo de cruzamiento subterráneo se recomienda hacerlo con tubería de acero, revestida de concreto simple o reforzado según lo marque el diseño correspondiente. Se considera una buena práctica colocar sobre el revestimiento en forma integral un lavadero de concreto que siga las curvas de nivel del cauce, para no alterar el régimen de la corriente. Este revestimiento que se menciona servirá para atracar a la tubería, tanto en columpios como en crestas. En algunas ocasiones cuando no existe el peligro muy marcado de lo que pueda representar la erosión de la corriente, el lavadero de concreto puede sustituirse por otro, construido con material de la región como mampostería de piedra o zampeado de piedra, o bien únicamente esta última, pero colocada en forma suelta con dimensión promedio de 60 cm, pero conservando el diseño de colocar a la tubería dentro del revestimiento de concreto simple o reforzado. La tubería debe ser debidamente anclada por medio de atraques de concreto, para impedir su deslizamiento por socavación del fondo del río o arroyo

## 2.3 Estaciones de bombeo

Son instalaciones integradas por infraestructura civil y electromecánica, destinadas a transferir volúmenes de aguas residuales crudas o tratadas de un determinado punto a otro ubicado a mayor elevación, para satisfacer ciertas necesidades.

Las instalaciones civiles y electromecánicas básicas de una estación típica de bombeo son las siguientes:

- a) Cárcamo de bombeo
- b) Subestación eléctrica
- c) Controles bomba-motor
- d) Controles eléctricos
- e) Arreglo de la descarga(fontanería)
- f) Equipo de maniobras
- g) Patio de maniobras

### 2.3.1 Cárcamo de bombeo

Es una estructura en donde descarga el colector, interceptor o emisor de aguas residuales crudas o tratadas y donde se instalan los equipos electromecánicos para elevar el agua al nivel deseado.

Las partes constitutivas de los cárcamos de bombeo son las siguientes:

- a) Canal o tubo de llegada
- b) Transición de llegada
- c) Zona de control y cribado
- d) Pantalla
- e) Rejillas primarias
- f) Desarenados y bombas de lodos
- g) Rejillas secundarias
- h) Cámara de bombeo

### 2.3.2 Subestación eléctrica

Es un conjunto de elementos o dispositivos que permiten cambiar las características de energía eléctrica (Voltaje, corriente, frecuencia, etc.); tipo corriente alterna a corriente continua, o bien conservarle dentro de ciertas características.

Los elementos que constituyen una subestación se clasifican en elementos principales secundarios.

Elementos principales:

- a) Transformador
- b) Interruptor
- c) Cuchilla
- d) Apartarrayos
- e) Aisladores
- f) Capacitores
- g) Tableros
- h) Transformadores de instrumentos
- i) Red de tierras

Elementos secundarios:

- a) Cables de potencia
- b) Cables de control
- c) Alumbrado
- d) Estructura y herrajes
- e) Equipo contra incendio

**Transformador:**

Dispositivo electromagnético que permite aumentar o disminuir el voltaje un circuito de corriente alterna.

**Interruptor:**

Dispositivo utilizado para cerrar o abrir un circuito de corriente alterna bajo condiciones normales o para abrir el circuito bajo condiciones de emergencia o de falla.

**Fusible:**

Dispositivo de protección contra sobrecorriente con una parte que se funde cuando se calienta por el paso de una sobrecorriente que circule a través de ella e interrumpe el paso de la corriente eléctrica.

**Apartarrayos:**

Dispositivos de protección que limita las sobretensiones transitorias en los circuitos y equipos eléctricos, descargando la sobre corriente transitoria asociada; previene el flujo continuo de corriente a tierra y es capaz de repetir esa función.

**Capacitor:**

Dispositivo formado por dos conductores o armaduras, generalmente en forma de placas o laminas separados por un material dieléctrico, que sometidos a una dife-

rencia de potencia adquieren una determinada carga eléctrica.

**Tableros:**

Panel sencillo o grupo de paneles unitarios diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel, accesible únicamente desde el frente, que incluye barras conductoras de conexión común y dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y otros dispositivos de protección y está equipado con o sin desconectores para el control de circuitos, ubicada dentro o sobre un muro o pared divisora y accesible únicamente desde el frente.

**Red de tierras:**

Es una red de protección usada para establecer una potencia uniforme en y alrededor de alguna estructura, esta única sólidamente a los electrodos de tierra.

**Cuchilla:**

Desconector utilizado como seccionador de línea o separador de circuitos de potencia de corriente directa o alterna, siempre que sea accionado eléctricamente o tenga accesorios eléctricos, tales como desconector auxiliar, bloque magnético, etc.

**Herraje:**

(Accesorio) Contratuercas, boquillas (monitor) u otra parte de un sistema de alambrado, diseñado fundamentalmente para desempeñar una función más mecánica, que eléctrica.

### 2.3.3 Equipo de bombeo

El equipo de bombeo es el elemento encargado de transferir el agua desde el cárcamo de bombeo, hasta el lugar donde se requiera.

Los equipos de bombeo que comúnmente se utilizan para el manejo de aguas son los siguientes:

- a) Bombas de flujo mixto
- b) Bombas de flujo axial
- c) Bombas inatascables, verticales y sumergibles

Aún cuando se pueden utilizar bombas centrífugas convencionales para bombeo de aguas residuales, existe,

en el campo de las bombas centrífugas, un grupo especial de bombas para ésta aplicación, denominadas genéricamente como bombas inatascables, cuyo diseño les permite operar con líquidos conteniendo sólidos de 25.4 mm. de diámetro (1.0") o más grandes, pastas aguadas abrasivas ó bien aguas residuales. Estas bombas pueden ser sumergibles, motor y bomba, o verticales, con motor fuera del cárcamo; ambas son generalmente, de un solo paso con impulsor abierto o semiabierto para bajas cargas y gastos medianos, su instalación es relativamente sencilla porque su diseño incluye la placa de instalación, si son verticales o bien las carcasas incluyen "piernas" para su apoyo en el piso del fondo del cárcamo y aparjos, riel y cable, para su izaje fuera del cárcamo, si son sumergibles. A menos que las condiciones de operación estén fuera del campo de cobertura de las bombas mencionadas se podrán utilizar otro tipo de bombas, de lo contrario se preferirán las bombas inatascables.

### 2.3.4 Motor eléctrico

Maquina q transforma la energía eléctrica a energía mecánica.

### 2.3.5 Controles eléctricos

Son los dispositivos de mando para arranque y paro de los motores eléctricos, que proveen los elementos de protección del equipo eléctrico para evitar daños, por condiciones anormales en la operación de los motores.

### 2.3.6 Arreglo de la descarga

Es un conjunto integrado por piezas especiales de fontanería, dispositivos de apertura y seccionamiento, medición y seguridad que permiten el manejo y control hidráulico del sistema.

### 2.3.7 Equipo de maniobras

Existen en el mercado diferentes arreglos, capacidades y dimensiones de grúas.

La grúa es un equipo estructurado, formado por un conjunto de mecanismos, cuya función es la elevación y el transporte de cargas, que en plantas de bombeo y/o rebombeo se usan en las siguientes modalidades:

Elevación y transporte de carga a través de una superficie de trabajo.

Para cumplir satisfactoriamente con los requerimientos de manipulación de equipos y accesorios, tales como bombas, motores, válvulas, columnas de succión, etc. Y trasladarlos a un área de maniobras para enviarlos a reparación y/o mantenimiento y que cubren las dos modalidades descritas, en general se utilizan los siguientes tipos de grúas:

- a) Grúa viajera
- b) Grúa a porticada
- c) Sistema monocarril
- d) Grúa giratoria

# 3. Diseño hidráulico

## 3.1 Generalidades

### 3.1.1 Topografía

El diseño de la red de atarjeas debe adecuarse a la topografía de la localidad, siguiendo alguno de los modelos de configuración de red de atarjeas descritos en el apartado

1.1.2. La conducción dentro de las tuberías deberá analizarse bajo un sistema a superficie libre y las tuberías seguirán en lo posible la pendiente del terreno. En el caso de que existan en la localidad zonas sin drenaje natural, se emplearan las pendientes de diseño mínimas, que cumplan con las condiciones de tirante mínimo y máximo dentro de una tubería, así como las de velocidades máximas y mínimas en la conducción del flujo.

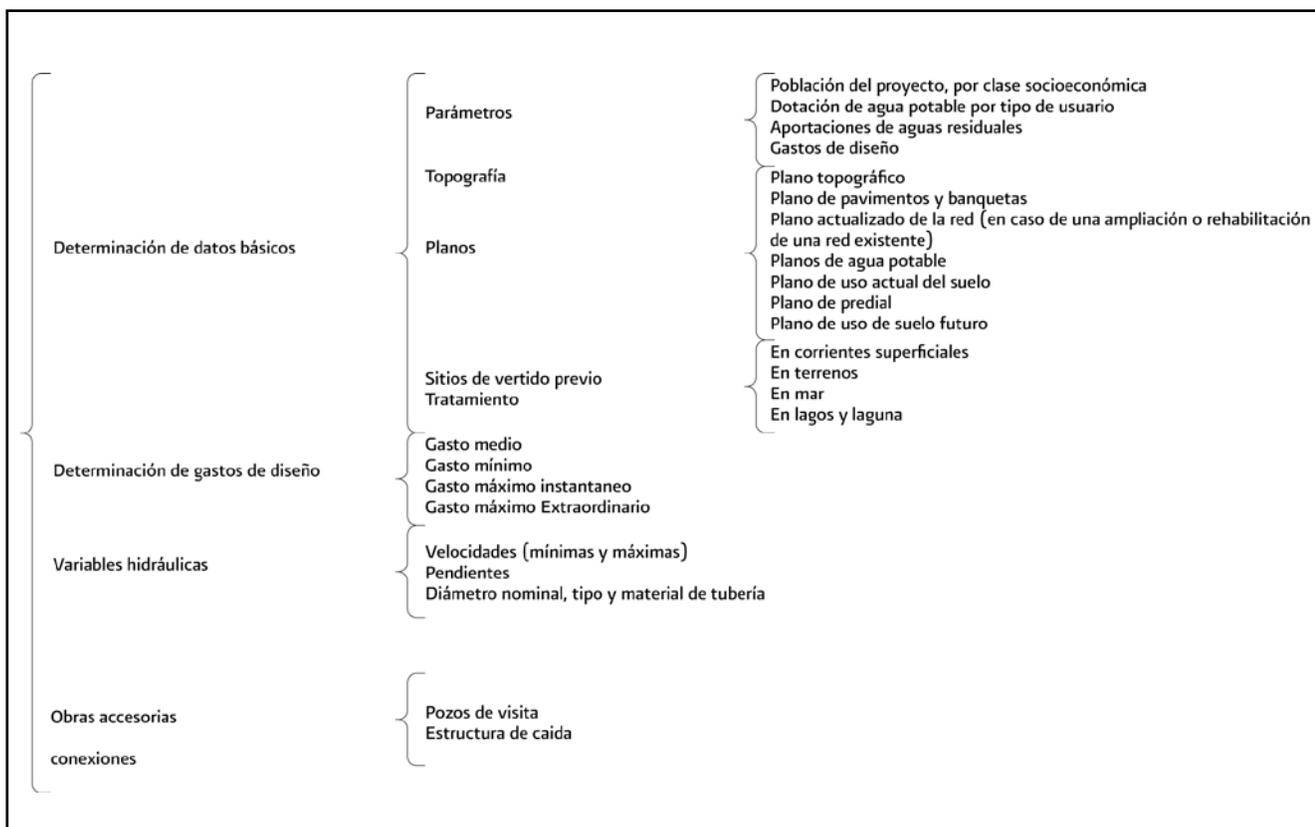


Figura 3.1 Variables requeridas para el cálculo hidráulico

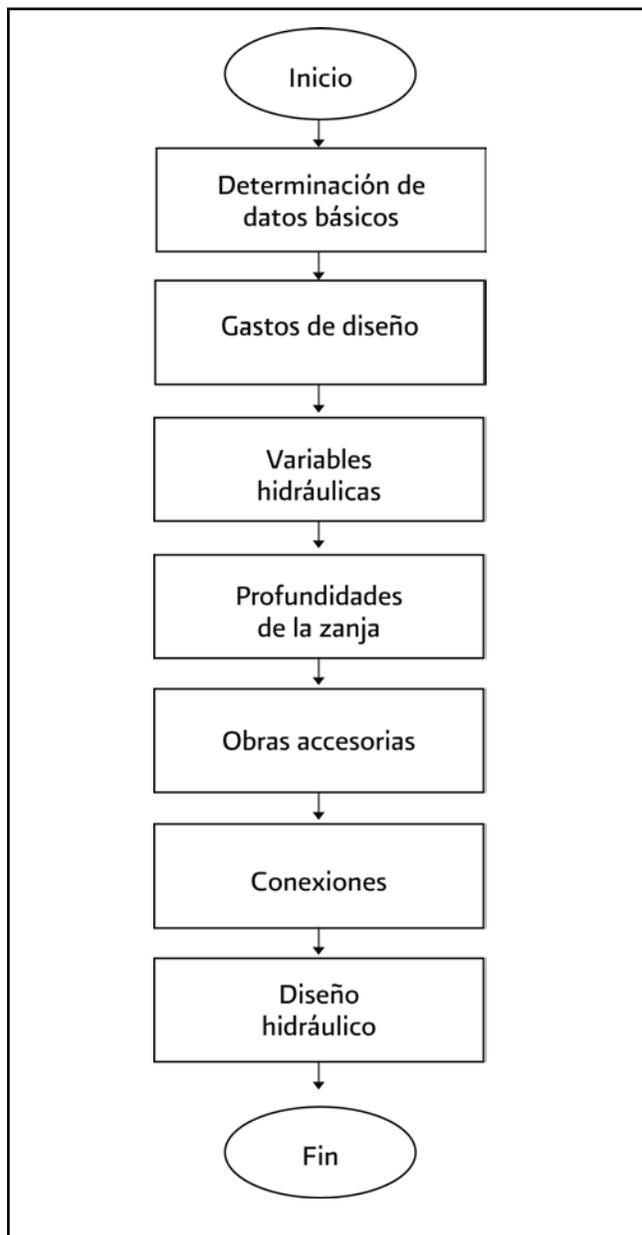


Figura 3.2 Diagrama de flujo para el cálculo hidráulico

## 3.1.2 Planos

### 3.1.2.1 Planos topográficos

Plano topográfico actualizado, escala 1:1 000 ó 1:2 000, dependiendo del tamaño de la localidad, con información producto de la nivelación directa. El plano debe tener curvas de nivel equidistantes a un metro y elevaciones de terreno en cruces y puntos notables entre cruces, como puntos bajos, puntos altos, cambios de dirección o pendiente.

### 3.1.2.2 Plano de pavimentos y banquetas

Se debe anotar su tipo, estado y conservación, además con la ayuda de un estudio de mecánica de suelos, identificar si existe nivel freático a la profundidad que ubiquemos la tubería, clasificación del tipo de terreno a excavar de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos conforme a sondeos verticales estándar mismos que deberán ser localizados en planos.

### 3.1.2.3 Plano actualizado de la red

En el caso que se vaya a desarrollar una ampliación o una rehabilitación de una red existente, se debe indicar la longitud de los tramos de tuberías, sus diámetros, el material de que están construidas, estado de conservación, elevaciones de los brocales y plantillas de entrada y salida de las tuberías en los pozos de visita, identificar las obras accesorias de la red, las estructuras de descarga actual, los sitios de vertido previo tratamiento y el uso final de las aguas residuales.

### 3.1.2.4 Plano de agua potable

Información de las áreas con servicio actual de agua potable y de las futuras ampliaciones, con sus programas de construcción; así como las densidades de población y dotaciones para cada una de las etapas de proyecto consideradas.

### 3.1.2.5 Planos de uso actual del suelo

Se debe ubicar cada zona habitacional existente con la densidad de población correspondiente, adicionalmente, las zonas comerciales, las zonas industriales, las zonas públicas y las áreas verdes.

### 3.1.2.6 Plano predial

Se debe definir el número de lotes, su forma y la vialidad a donde pueden descargar las aguas residuales.

### 3.1.2.7 Plano de uso futuro del suelo

Es necesario prever las zonas de desarrollo de la localidad. Para esto se ubican en el plano las zonas de

crecimiento junto con un estimado del crecimiento de la misma, indicando adicionalmente el tipo de desarrollo que será (comercial, industrial, zona pública o áreas verdes). En el plano deberán localizarse las áreas que ocuparán en el futuro las diferentes zonas habitacionales con sus nuevas densidades de población, las zonas comerciales, las zonas industriales, las zonas públicas y las áreas verdes.

### 3.1.2.8 Planos de Infraestructura adicional existente

Además de los planos de agua potable, se deberán considerar los planos de infraestructura pluvial, sanitario, agua tratada, de comunicaciones (Telefonía, fibra óptica, etc.), oleoductos y gasoductos, electricidad, etc.

Lo anterior a fin de proyectar los pasos y cruces con la infraestructura existentes.

## 3.1.3 Gastos de diseño

Para el cálculo de los gastos de diseño en las redes de alcantarillado, se puede consultar el libro Datos Básicos del MAPAS.

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

$$Q_{AN} = 80\% \cdot Q_{med} \text{ APOTlts/hab/d}$$

Para los fraccionamientos Industriales y comerciales, el desarrollador deberá de analizar el porcentaje de la dotación que se verterá al drenaje sanitario, considerando que parte del agua de consumo debe de emplearse en el reúso del proceso industrial y áreas verdes.

Los gastos de diseño que se emplean en los proyectos de alcantarillado sanitario son:

- Gasto medio
- Gasto mínimo
- Gasto máximo instantáneo
- Gasto máximo extraordinario

Los tres últimos se determinan a partir del primero.

El sistema de alcantarillado sanitario, debe construirse herméticamente por lo que no se adicionará al caudal de aguas residuales el volumen por infiltraciones.

### 3.1.3.1 Gasto medio

El gasto medio es el valor del caudal de aguas residuales en un día de aportación promedio al año.

Para calcular el gasto medio de aguas residuales, se requiere definir la aportación de aguas residuales de las diferentes zonas identificadas en los planos de uso de suelo.

La aportación es el volumen diario de agua residual entregado a la red de alcantarillado, la cual es un porcentaje del valor de la dotación de agua potable.

En zonas habitacionales, se adopta como aportación de aguas residuales el 75% de la dotación de agua potable, considerando que el 25 % restante se consume antes de llegar a las atarjeas.

En función de la población y de la aportación, el gasto medio de aguas residuales en cada tramo de la red se calcula con:

$$Q_{med} = \frac{A_p \cdot P}{86\,400}$$

donde:

- $Q_{med}$  es el gasto medio de aguas residuales en l/s.  
 $A_p$  es la aportación en litros por habitante al día.  
 $P$  es la población en número de habitantes.  
 86 400 son el número de segundos al día.

En las localidades que tienen zonas industriales, comerciales o públicas con un volumen considerable de agua residual, se debe obtener el porcentaje de aportación para cada una de éstas zonas, independientemente de las habitacionales.

En función del área y la aportación, el gasto medio de aguas residuales en cada tramo de la red se calcula con:

$$Q_{med} = \frac{A_p \cdot A}{86\,400}$$

donde:

- $Q_{med}$  es el gasto medio de aguas residuales en l/s.  
 $A_p$  es la aportación en litros por metro cuadrado al día o litros por hectárea al día.  
 $A$  es el área de la zona industrial, comercial o pública  
 86 400 son el número de segundos al día.

### 3.1.3.2 Gasto mínimo

El gasto mínimo es el menor de los valores de escurrimiento que normalmente se presentan en una tubería. Este valor es igual a la mitad del gasto medio.

El gasto mínimo  $Q_{min}$  y se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_{min} = 0.5Q_{med}$$

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

Donde:

$Q_{min}$  Gasto mínimo  
 $Q_{med}$  Gasto medio de aguas residuales

Este valor es igual a la mitad del gasto medio.

En la Tabla 3.1, se muestran para las diferentes tuberías que existen en el mercado, valores del gasto mínimo que deben ser usados en el diseño de atarjeas.

Se observa, en la Tabla 3.1, que el límite inferior es de 1.0 l/s, lo que significa que en los tramos iniciales de las redes de alcantarillado, cuando resulten valores de gasto mínimo menores a 1.0 l/s, se deben usar éste valor en el diseño.

### 3.1.3.3 Gasto máximo instantáneo

El gasto máximo instantáneo es el valor máximo de escurrimiento que se puede presentar en un instante dado. Su valor, es el producto de multiplicar el gasto medio de aguas residuales por un coeficiente M, que en el caso de la zona habitacional es el coeficiente de Harmon.

$$Q_{max.inst.} = M \cdot Q_{med}$$

En el caso de zonas habitacionales el coeficiente M está dado por la siguiente fórmula:

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

donde:

$P$  es la población servida acumulada hasta el punto final (aguas abajo) del tramo de tubería considerada, en miles de habitantes.

En tramos con una población acumulada menor de 1 000 habitantes, el coeficiente M es constante e igual a 3.8.

Para una población acumulada mayor que 63,454 habitantes, el coeficiente M se considera constante e igual a 2.17, es decir, se acepta que su valor a partir de ésta cantidad, no sigue la ley de variación establecida por Harmon.

El coeficiente M en zonas industriales, comerciales o públicas presenta otra ley de variación. Siempre que sea posible, debe hacerse un aforo del caudal de agua residual en las tuberías existentes para determinar sus variaciones reales. De no disponer de ésta información, el coeficiente M podrá ser de 1.5 en zonas comerciales e industriales.

**Tabla 3.1 Gasto mínimo de aguas residuales con inodoros de 6 litros para distintos diámetros**

Diám (cm)	No de descargas simultáneas	Aportación por descarga (l/s)	Gasto mín (l/s)
10 - 25	1	1.0	1
30 - 40	2	1.0	2
45 - 46	3	1.0	3
50 - 55	4	1.0	4
60 - 63	5	1.0	5
65	6	1.0	6
70	7	1.0	7
75 - 76	8	1.0	8
80	9	1.0	9
85	10	1.0	10
90 - 91	12	1.0	12
100	15	1.0	15
107 - 110	17	1.0	17
120 - 122	23	1.0	23
130	25	1.0	25
140	28	1.0	28
150 - 152	30	1.0	30
160	32	1.0	32
170	35	1.0	35
180 - 183	38	1.0	38
190	41	1.0	41
200	44	1.0	44
213	47	1.0	47
244	57	1.0	57
305	74	1.0	74

### 3.1.3.4 Gasto máximo extraordinario

El gasto máximo extraordinario es el caudal de aguas residuales que considera aportaciones de agua que no forman parte de las descargas normales, como bajadas de aguas pluviales de azoteas, patios, o las provocadas por un crecimiento demográfico explosivo no considerado.

En función de éste gasto se determina el diámetro adecuado de las tuberías, ya que se tiene un margen de seguridad para prever los caudales adicionales en las aportaciones que pueda recibir la red.

Para el cálculo del gasto máximo extraordinario se tiene:

$$Q_{max.ext.} = C_s \cdot Q_{max.inst.}$$

Donde:

$C_s$  es el coeficiente de seguridad adoptado.

$Q_{max.inst}$  es el gasto máximo instantáneo.

En el caso de aportaciones normales el coeficiente  $C_s$  será de 1.0; para condiciones diferentes, éste  $C_s$  puede definirse mayor a 1 y como máximo 1.5 bajo aprobación de la autoridad local del agua y dependiendo de las condiciones particulares de la localidad.

## 3.1.4 Variables hidráulicas

### 3.1.4.1 Velocidades

#### a) Velocidad mínima

La velocidad mínima se considera aquella con la cual no se permite depósito de sólidos en las atarjeas que provoquen azolves y taponamientos. La velocidad mínima permisible es de 0.3 m/s, para el gasto mínimo de 1 lt/seg, considerando el gasto mínimo y para comportamiento a tubo lleno mediante el gasto máximo extraordinario de 0.6 m/s calculado según se indica en el apartado 3.1.3.2 y 3.1.3.4. Adicionalmente, debe asegurarse que el tirante calculado bajo éstas condiciones, tenga un valor mínimo de 1.0 cm, en casos de pendientes fuertes y de 1.5 cm en casos normales.

#### b) Velocidad máxima

La velocidad máxima es el límite superior de diseño, con el cual se trata de evitar la erosión de las paredes de las tuberías y estructuras de drenaje sanitario. La velocidad

máxima permisible para los diferentes tipos de material se muestra en la tabla 3.2. Para su revisión se utiliza el gasto máximo extraordinario calculado según se indica en el apartado 3.1.3.4

**Tabla 3.2 Velocidades máxima y mínima permisible**

Material	Velocidad (m/s)	
	Maxima	Minima
Acero (sin revestimiento, revestido y galvanizado)	3	0.3
Concreto reforzado	5	
Concreto simple		
Fibrocemento		
Polietileno alta densidad (PEAD)		
Poli (cloruro de vinilo) (PVC)	3	
Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)		

### 3.1.4.2 Pendientes

El objeto de limitar los valores de pendientes es evitar, hasta donde sea posible, el azolve y la erosión de las tuberías.

Para el caso de pendientes pronunciadas, donde no se pueda seguir la pendiente del terreno, será necesario hacer escalonamiento en el perfil de la línea de drenaje, utilizando para este caso tuberías que no sean afectadas por el sulfuro de hidrogeno que se produce en las caídas libres.

Las pendientes deberán seguir hasta donde sea posible el perfil del terreno, con objeto de tener excavaciones mínimas, pero tomando en cuenta las restricciones de velocidad y de tirantes mínimos del apartado anterior y la ubicación y topografía de los lotes a los que se darán servicio.

En casos especiales donde la pendiente del terreno sea muy fuerte, es conveniente considerar en el diseño tuberías que permitan velocidades altas, y se debe hacer un estudio técnico económico de tal forma que se pueda tener sólo en casos extraordinarios y en tramos cortos velocidades de hasta 8 m/s.

En la Figura 3.3 aparecen las pendientes mínimas recomendadas para los diferentes tipos de tuberías. Estas pendientes podrán modificarse en casos especiales previo análisis particular y justificación en cada caso.



### 3.1.4.3 Diámetros

#### a) Diámetro mínimo

La experiencia en la conservación y operación de los sistemas de alcantarillado a través de los años, ha demostrado que para evitar obstrucciones, el diámetro mínimo en las tuberías debe ser de 20 cm (8 in) para casos especiales previamente justificados podrá emplearse un diámetro mínimo de 15 cm (6in)

#### b) Diámetro seleccionado

El diámetro seleccionado, estará en función de los apartados correspondientes del capítulo 2 y de lo considerado en 3.1.5.

### 3.1.5 Profundidades de zanjas

Las tuberías se instalan superficialmente, enterradas o una combinación de ambas, dependiendo de la topografía, tipo de tubería y características del terreno.

Normalmente las tuberías para drenaje pluvial se instalan enterradas (Ver figura 3.4).

Para obtener la máxima protección de las tuberías se recomienda colocarlas en zanjas, de acuerdo a lo señalado en las especificaciones de construcción del fabricante o a lo que se menciona a continuación.

La profundidad de las excavaciones de la zanja para las tuberías queda definida por los factores siguientes:

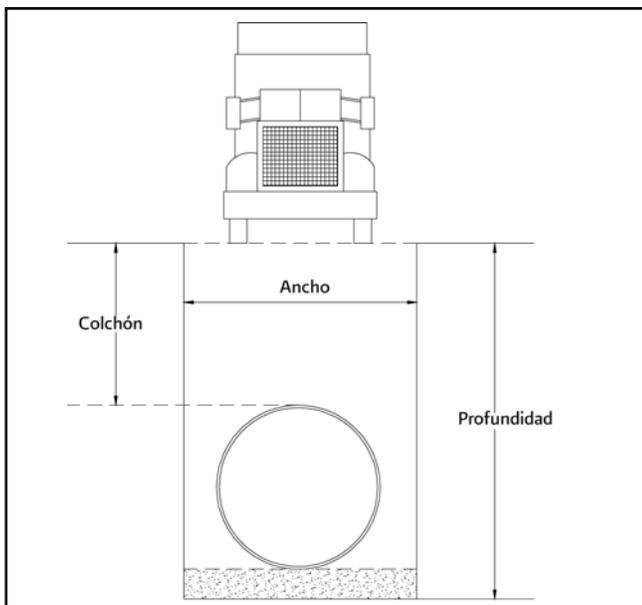


Figura 3.4 Características de una zanja

Profundidad mínima o colchón mínimo. Depende de la resistencia de la tubería a las cargas exteriores. La figura 3.4 indica, a través de un croquis, las características básicas de una zanja.

Topografía y trazo. Influyen en la profundidad máxima que se le da a la tubería.

Velocidades máximas y mínimas. Están relacionadas con las pendientes de proyecto.

Existencia de conductos de otros servicios.

Economía en las excavaciones.

Los factores principales que intervienen para el colchón son el tipo de tubería a utilizar, el tipo de terreno en la zona de estudio y las cargas vivas que puedan presentarse.

#### 3.1.5.1 Profundidad mínima

La profundidad mínima de la zanja debe ser adecuada para:

- o Evitar rupturas del conducto ocasionadas por cargas vivas, mediante un colchón mínimo que es función de la resistencia del tubo. Para definir el colchón mínimo deberá realizarse un análisis de cada caso en particular. Los principales factores que intervienen para definir el colchón mínimo son:
  - Material de tubería
  - Tipo de terreno
  - Las cargas vivas probables.

En el apartado 6 aparecen los colchones mínimos recomendados para los diferentes materiales y clases de tuberías.

- o Permitir la correcta conexión del 100% de las descargas domiciliarias al sistema de alcantarillado, con la consideración de que el albañal exterior, tendrá como mínimo una pendiente geométrica de 10 milésimas (1 %) y el registro interior más próximo al paramento del predio, tenga una profundidad mínima de 60 cm.
- o Los manuales de instalación de cada material

#### 3.1.5.2 Profundidad máxima

La profundidad máxima es función de la topografía del lugar, evitando excavar demasiado.

La profundidad máxima será aquella que no ofrezca dificultades constructivas mayores durante la excavación, de acuerdo con la estabilidad del terreno en que quedará alojada la tubería, variando en función de las características particulares de la resistencia a la compresión o rigidez de las tuberías, haciendo el análisis respectivo en el que se tomará en cuenta el material de relleno, grado de compactación, las posibles cargas vivas y el factor de carga proporcionado por la plantilla a usar.

En el caso de atarjeas se debe determinar con un estudio económico comparativo entre el costo de instalación del conducto principal con sus albañales correspondientes, y el de la atarjea o atarjeas laterales, "madrinas", incluyendo los albañales respectivos; no obstante, la experiencia ha demostrado que entre 3.00 y 4.00 metros de profundidad, el conducto principal puede recibir directamente los albañales de las descargas y que a profundidades mayores, resulta más económico el empleo de atarjeas laterales.

Si la topografía tiene pendientes fuertes, se debe hacer un estudio económico comparativo entre el costo de excavación contra el número de pozos de visita.

#### Plantilla o cama

Con el fin de satisfacer las condiciones de estabilidad y asiento de la tubería es necesaria la construcción de un encamado en toda la longitud de la misma.

Deberá excavar cuidadosamente las cavidades o conchas para alojar la campana o cople de las juntas de los tubos, con el fin de permitir que la tubería se apoye en toda su longitud sobre el fondo de la zanja o la plantilla apisonada.

El espesor de la plantilla o cama será de 10 cm siendo el espesor mínimo sobre el eje vertical de la tubería de 5 cm, tal como se señala en la figura 3.4

### 3.1.6 Obras accesorias

Como complemento a lo indicado en el apartado 2.2, a continuación se resume la información requerida en el diseño hidráulico de la red de alcantarillado.

#### 3.1.6.1 Pozos de visita

a) Clasificación de los pozos de visita fabricados en obra.

En la Tabla 3.4, se indica que tipo de pozo de visita debe construirse, dependiendo del diámetro de la tubería de salida y del tipo y diámetro de las tuberías que entroncan a 45 ó 90 grados en el pozo.

El número máximo de tuberías que pueden descargar en un pozo de visita son tres y debe existir una tubería de salida.

b) Separación entre pozos de visita.

La separación máxima entre los pozos de visita debe ser la adecuada para facilitar las operaciones de inspección y limpieza. Se recomiendan las siguientes distancias de acuerdo con el diámetro.

- En tramos de 20 hasta 61 cm de diámetro, 125 m.
- En tramos de diámetro mayor a 61 cm y menor ó igual a 122 cm, 150 m.
- En tramos de diámetro mayor a 122 cm y menor ó igual a 305 cm, 175 m.

Estas separaciones pueden incrementarse de acuerdo con las distancias de los cruceros de las calles, como máximo un 10%. Para el caso específico del Distrito Federal, según el Reglamento de Construcciones, se establecen las separaciones según el diámetro de la tubería. La tabla 3.3 indica las separaciones entre pozos de visita.

**Tabla 3.3 Separación entre pozos de visita**

Diámetro, en m	Separación, en m
0.20-0.76	125-135
0.90-1.22	175-190
Mayores de 1.22	250-275

Se recomienda que las conexiones a ejes y plantillas se utilicen únicamente cuando sea indispensable y con las limitaciones que para los diámetros más usuales, se indican en la tabla 3.6

c) Cambios de dirección.

Para los cambios de dirección, las deflexiones necesarias en los diferentes tramos de tubería se efectúan como se indica a continuación:

Si el diámetro de la tubería es de 61 cm o menor, los cambios de dirección son hasta de 90 grados, y deben hacerse con un solo pozo común.

Si el diámetro es mayor de 61 cm y menor o igual que 122 cm, los cambios de dirección son hasta 45 grados, y deben hacerse con un pozo especial.



### 3.1.6.2 Estructuras de caída

#### a) Caídas libres

En pozos de visita común, especial 1 o especial 2, la caída libre es hasta de 50 cm para tuberías hasta de 25 cm de diámetro. En éste caso, la caída libre se mide de la plantilla del tubo de llegada a la clave del tubo de salida.

En pozos común o especial 1, con tuberías de entrada y salida de 30 a 76 cm de diámetro, la caída libre es de hasta un diámetro (el mayor). En éste caso la caída libre se mide de la plantilla del tubo de entrada a la plantilla del tubo de salida.

#### b) Caídas adosadas (CA)

Esta estructura se construye sobre tuberías de entrada hasta de 25 cm de diámetro, con caídas hasta 200 cm, y se adosa a pozo común, especial 1 o especial 2. En éste caso, la caída se mide de la clave del tubo de entrada a la clave del tubo de salida.

#### c) Pozos con caída (CP)

Se construyen sobre tuberías de entrada y salida de 30 a 76 cm de diámetro; no admiten entronques y la caída es hasta de 300 cm. En éste caso, la caída se mide de la plantilla del tubo de entrada a la plantilla del tubo de salida.

#### d) Caída escalonada (CE)

Se construyen sobre tuberías de entrada y salida mayores de 76 cm de diámetro; no admiten entronques y la caída es hasta de 250 cm. En éste caso, la caída se mide de la plantilla del tubo de entrada a la plantilla del tubo de salida.

En la Tabla 3.5 se indica que tipo de caída debe construirse dependiendo del diámetro de la tubería y cuál es la altura máxima que debe tener dicha caída.

### 3.1.7 Conexiones

Debido a los cambios de diámetro que existen en una red de tuberías, resulta conveniente definir la forma correcta de conectar las tuberías en los pozos de visita.

La figura 3.5 indica los nombres que se les da a las partes de una tubería.

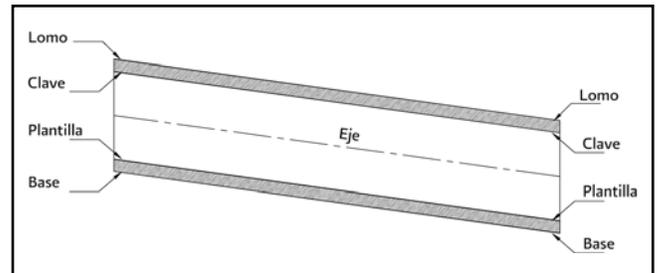


Figura 3.5 elementos de tubería

Desde el punto de vista hidráulico se recomienda que las conexiones, se igualen en los niveles de claves. Con este tipo de conexión, se evita el efecto del remanso aguas arriba.

Atendiendo a las características del proyecto, se pueden efectuar las conexiones de las tuberías, haciendo coincidir las claves, los ejes o las plantillas de los tramos de diámetro diferente. En la Tabla 3.6 aparecen según el tipo y diámetro de la tubería, las limitaciones para las conexiones a ejes o a plantillas.

Además para facilitar los trabajos de inspección y mantenimiento se han establecido separaciones máximas entre los pozos de visita.

Desde el punto de vista hidráulico es conveniente que en las conexiones se igualen los niveles de las claves de los conductos por unir.

Asimismo, se recomienda que las conexiones a ejes y plantillas se utilicen únicamente cuando sea indispensable.

Tabla 3.5 Tipos de estructuras de caída.

TIPO DE CAIDA	DIAMETROS (cm)	ALTURA DE LA CAIDA (cm)
Libre en pozo común, especial 1 o especial 2.	Diámetro de entrada 20 a 25	50
Caída adosada a pozos común, especial 1 o especial 2	Diámetro de entrada de 20 a 25	200
Libre en pozo común o especial 1	Diámetro de entrada y salida 30 a 76	Un diámetro (el mayor)
Pozo con caída	Diámetro de entrada de 30 a 76	300
Estructura de caída escalonada	Diámetro de entrada y salida mayor de 76	250

\*la altura de la caída para cada caso, se calcula siguiente las indicaciones de los párrafos anteriores

ble y con las limitaciones para los diámetros más usuales indican en la Tabla 3.6

En la Figura 3.6 se ilustran las conexiones clave con clave, plantilla con plantilla y eje con eje.

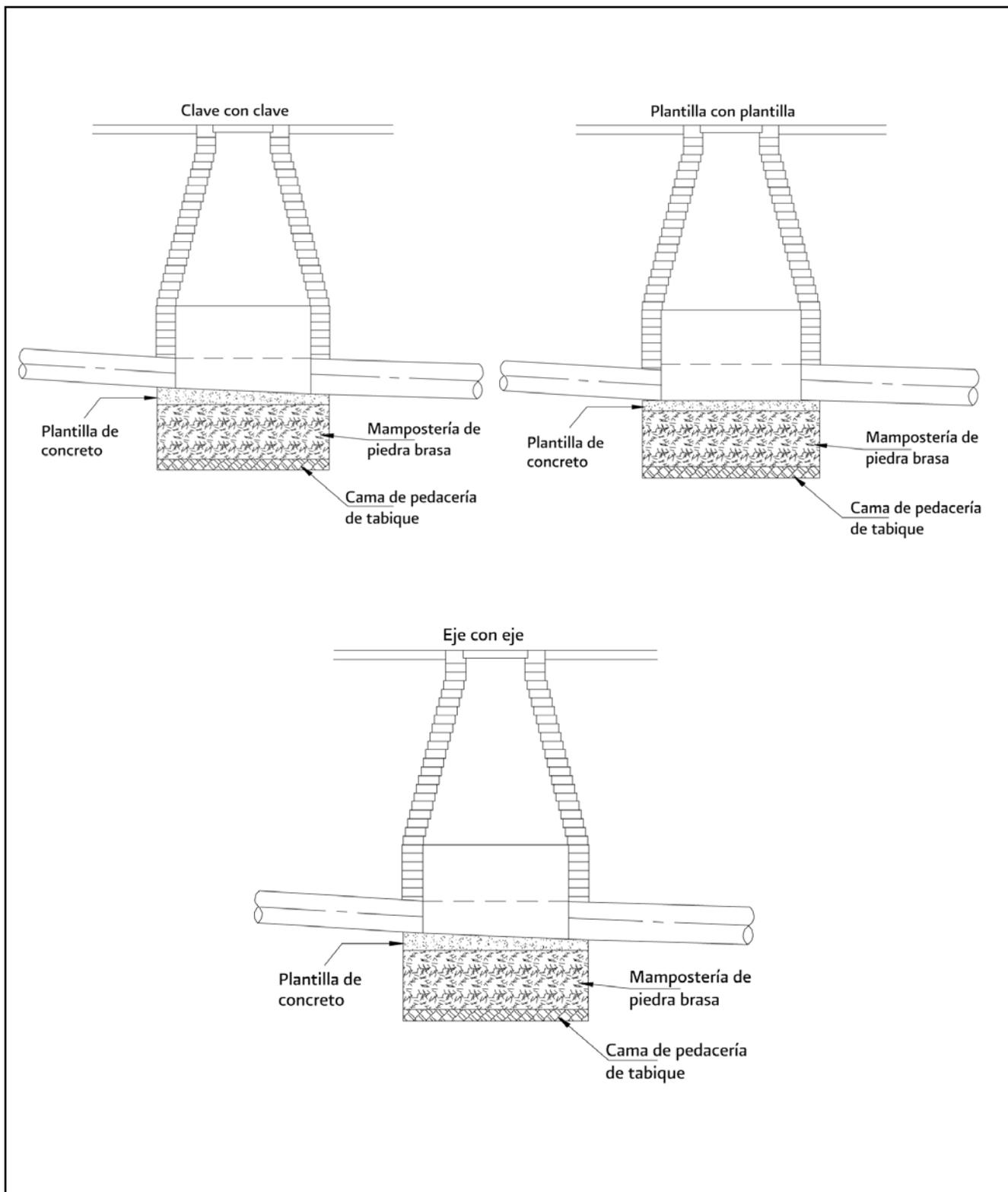


Figura 3.6 Conexiones



## 3.2 Diseño hidráulico

### 3.2.1 Formulas para el diseño

En la red de atarjeas, en las tuberías, solo debe presentarse la condición de flujo a superficie libre. Para simplificar el diseño, se consideran condiciones de flujo establecido.

La fórmula de continuidad para un escurrimiento continuo permanente es:

$$Q = V \cdot A \quad (3.1)$$

Donde:

- Q es el gasto en m<sup>3</sup>/s.
- V es la velocidad en m/s.
- A es el área transversal del flujo en m<sup>2</sup>.

Para el cálculo hidráulico del alcantarillado se utiliza la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{n} \cdot r_h^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (3.2)$$

Donde:

- V es la velocidad en m/s.
- $r_h$  es el radio hidráulico, en m.
- S es la pendiente del gradiente hidráulico de la tubería adimensional.
- n es el coeficiente de fricción.

El radio hidráulico se calcula con la siguiente fórmula:

$$r_h = \frac{A}{P_m} \quad (3.3)$$

Donde:

- A es el área transversal del flujo, en m<sup>2</sup>.
- $P_m$  Perímetro mojado, en m.

En la figura 3.7, se presentan las relaciones hidráulicas y geométricas para el cálculo de la red de alcantarillado usando secciones circulares

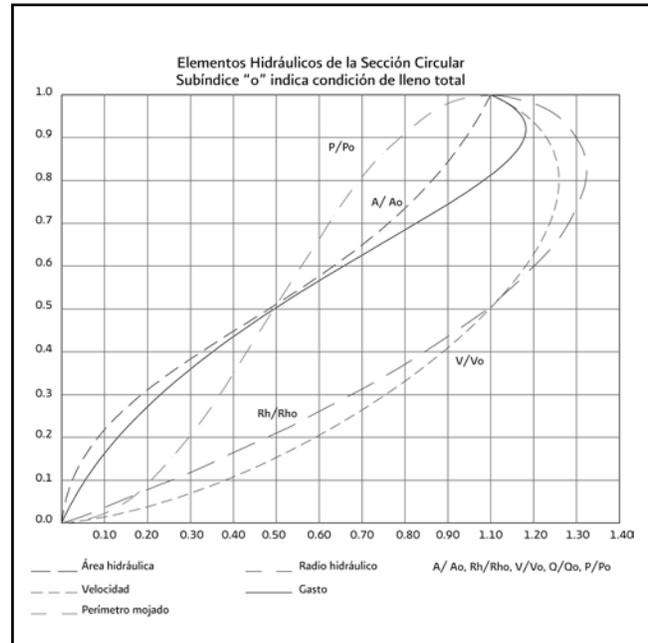


Figura 3.7 Elementos hidráulicos de la sección circular

Tabla 3.7 Coeficiente de fricción n (Manning)

Material	Coefficiente n
Concreto	0.012
Concreto con revestimiento de PVC/PEAD	0.009
Acero soldado con recubrimiento interior (pinturas)	0.011
Acero sin revestimiento	0.014
Fibrocemento	0.010
Polietileno pared sólida	0.009
Polietileno corrugado/estructurado	0.012
PVC pared sólida	0.009
PVC pared corrugado/estructurado	0.009
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,009

El coeficiente de fricción n, representa las características internas de la superficie de la tubería, su valor depende del tipo de material, calidad del acabado y el estado de conservación de la tubería, en la Tabla 3.7 se dan los valores de n para ser usados en la fórmula de Manning.

Para el cálculo de los elementos geométricos de secciones circulares que trabajan parcialmente llenas se pueden usar las siguientes fórmulas:

$$\theta = 2 \cdot \cos^{-1} \left( 1 - \frac{d}{r} \right) \quad (3.4)$$

$$d = r \left( 1 - \cos \frac{\theta}{2} \right) \quad (3.5)$$

$$P_m = \pi \cdot D \cdot \frac{\theta}{360} \quad (3.6)$$

$$r_h = r \left( 1 - \frac{360 \cdot \sin \theta}{2\pi\theta} \right) \quad (3.7)$$

$$A = r^2 \cdot \left( \frac{\pi \cdot \theta}{360} - \frac{\sin \theta}{2} \right) \quad (3.8)$$

Donde:

- $d$  es el tirante hidráulico, en m.
- $D$  es el diámetro interior del tubo, en m.
- $A$  es el área de la sección transversal del flujo, en m<sup>2</sup>.
- $P_m$  es perímetro mojado, en m.
- $r_h$  es el radio hidráulico, en m.
- $\theta$  es el ángulo en grados.

## 3.2.2 Metodología para el diseño hidráulico

### 3.2.2.1 Planeación general

El primer paso consiste en realizar la planeación general del proyecto y definir las mejores rutas de trazo de los colectores, interceptores y emisores, considerando la conveniencia técnico - económica de contar con uno o varios sitios de vertido previo tratamiento, con sus correspondientes plantas de tratamiento, siendo lo más recomendable el tener un solo sitio de vertido previo tratamiento; es aconsejable realizar estos trabajos en planos escala 1:10,000. Con base en los ingresos y egresos incrementales producto de la realización de cada una de las alternativas de proyecto, deberá evaluar se el nivel de rentabilidad de cada una de ellas, seleccionando la alternativa que resulte técnica y económicamente más rentable.

La circulación del agua en la red de atarjeas, colectores e interceptores debe ser por gravedad, sin presión. En el caso en que existan en la localidad zonas con topografía plana, la circulación en los colectores e interceptores

también deberá ser por gravedad; el agua tendrá que colectarse en un cárcamo de bombeo localizado en el punto más bajo de esta zona, para después enviarla mediante un emisor a presión, a colectores o interceptores que drenen naturalmente.

En ésta etapa del proyecto es necesario calcular de forma general los gastos de proyecto de la red de alcantarillado, y contar con una visión general del drenaje natural que tiene el área de proyecto basándose en el plano topográfico.

### 3.2.2.2 Definición de áreas de proyecto

Con los planos topográficos, de uso del suelo y de agua potable, se procede a definir las áreas de la población que requieren proyecto y las etapas de construcción, inmediata y futura, basándose en el proyecto de la red de distribución de agua potable y los requerimientos propios del proyecto de la red de alcantarillado sanitario.

### 3.2.2.3 Sistema de alcantarillado existente

En los casos en que se cuente con tubería existente, se hace una revisión detallada eligiendo los tramos aprovechables por su buen estado de conservación y capacidad necesaria, los que se toman en cuenta en el proyecto total como parte de él, modificando ó reforzando la tubería que lo requiera.

### 3.2.2.4 Revisión hidráulica de la red existente

Los resultados anteriores se utilizan para analizar la red de atarjeas y en caso necesario se modifica o adiciona otra alternativa hasta que el conjunto red de atarjeas - colectores, interceptores y emisores - tratamiento presente la mejor solución técnica y económica.

### 3.2.2.5 Proyecto

El primer paso del proyecto consiste en efectuar el trazo de la red de atarjeas, en combinación con los trazos definidos para los colectores y emisores, apartado 1.1.3. Se analizan las alternativas de trazo y combinaciones que sean necesarias, de acuerdo a las condiciones particulares de la zona que se estudie, con objeto de seleccionar la alternativa de la mejor combinación técnica y económica.

Una vez definido el trazo más conveniente, se localizan los pozos de visita de proyecto, respetando la separación entre pozos.

Deben colocarse pozos de visita en todos los entronques y en donde haya cambio de dirección o de pendiente de la tubería, en el caso de tramos con longitudes muy grandes, se colocan pozos intermedios.

### 3.3 Red de atarjeas

El diseño hidráulico de una red de atarjeas se realiza tramo por tramo, iniciando en las cabezas de atarjeas y finalizando en el entronque con los colectores.

Para determinar los gastos de diseño de un tramo de la red, se deben ejecutar los siguientes pasos:

- Obtener el área total de la zona de influencia del tramo que se analiza, dividida en los diferentes usos del suelo que se presenten. En general los usos del suelo se dividen en comercial, industrial, público y habitacional; este último también se diferencia en popular, medio y residencial.
- Para cada uno de los usos del suelo se obtiene la densidad de proyecto y la dotación de agua potable. Estos datos se pueden obtener del proyecto de agua potable (en caso de que exista) o del estudio de factibilidad correspondiente.
- Para cada uno de los usos del suelo se obtienen los gastos de diseño siguiendo el procedimiento descrito en el apartado 3.1.3.
- Los gastos de diseño, estarán dados por la suma de los gastos de diseño de los diferentes usos de suelo del área de influencia y los propios del tramo que se analiza.

Una vez calculados los gastos de diseño de la red de atarjeas, se selecciona el material, clase, diámetro, pendiente y elevaciones de plantilla de las tuberías, tramo por tramo, revisando el funcionamiento hidráulico del tramo bajo dos condiciones: a gasto mínimo y a gasto máximo extraordinario.

En cualquiera de los casos, la selección del diámetro se hará aprovechando al máximo la capacidad hidráulica del tubo trabajando a superficie libre, no deberá ser menor al diámetro del tramo anterior y deberá satisfacer todas las limitantes expresadas en los apartados 2.1, 3.1.4, 3.1.5, 3.1.6, 3.1.7

Para el cálculo de las variables hidráulicas permisibles a tubo lleno o a tubo parcialmente lleno, se emplean las fórmulas para el diseño descritas en el apartado 3.2.1. La metodología es la siguiente:

- Una vez seleccionado el material, clase, diámetro y pendiente del tramo, se calcula la velocidad y el gasto a tubo lleno empleando las fórmulas (3.2) y (3.1).
- Con el gasto mínimo y el gasto máximo previsto se calculan las variables hidráulicas a tubo parcialmente lleno. El procedimiento es el siguiente:
- Con la relación de gasto mínimo entre gasto a tubo lleno y con ayuda de la Figura 3.7 se obtiene la relación del tirante al diámetro.
- Con la relación de gasto máximo extraordinario entre gasto a tubo lleno y con ayuda de la Figura 3.7 se obtiene la relación del tirante al diámetro.
- La relación del tirante al diámetro se multiplica por el diámetro y se obtiene el tirante hidráulico  $d$  para cada caso.
- Con las fórmulas (3.4), (3.7) y (3.8), se calculan las variables hidráulicas ángulo, radio hidráulico y área a tubo parcialmente lleno para cada caso.
- Con las variables hidráulicas a tubo parcialmente lleno, calculadas en el paso anterior y con la ecuación (3.2), se calcula la velocidad a tubo parcialmente lleno para cada caso.

Las variables hidráulicas que deben de estar dentro de los rangos permisibles son la velocidad a gasto mínimo, la velocidad a gasto máximo extraordinario, el tirante a gasto mínimo y el tirante a gasto máximo extraordinario.

### 3.4 Colectores e interceptores

Los colectores son los conductos de mayor tamaño en la red y representan la parte medular del sistema de alcantarillado. También se les llama interceptores, dependiendo de su acomodo en la red. Su función es reunir el agua recolectada por los subcolectores y llevarla hasta el punto de salida de la red e inicio del emisor.

El diseño hidráulico se realiza en forma análoga al de la red de atarjeas véase apartado 3.3. Se obtienen los gastos de diseño de cada tramo de los colectores e interceptores, y se calculan los diámetros, pendientes y elevaciones de plantilla de las tuberías tramo por tramo.

## 3.5 Emisores

El emisor conduce las aguas hasta el punto de descarga o tratamiento. Una red puede tener más de un emisor dependiendo del tamaño de la localidad. Se le distingue de los colectores porque no recibe conexiones adicionales en su recorrido

Los emisores pueden trabajar a gravedad sin presión ó a presión dependiendo de las condiciones particulares del proyecto.

### 3.5.1 Emisores a gravedad

Los emisores que trabajan a gravedad pueden ser tuberías ó canales.

Los canales a cielo abierto solo se pueden utilizar para transportar caudales de aguas residuales con un tratamiento primario, secundario o terciario, y deberán cumplir lo señalado en la NOM-003-SEMARNAT vigente.

En el caso de que el espejo del agua del cuerpo receptor tenga variaciones tales que su nivel máximo tienda a producir un remanso en el emisor, se debe revisar la longitud de influencia de éste para que no se vean afectadas las estructuras aguas arriba.

La metodología para el diseño hidráulico es la misma que se emplea para el diseño de hidráulico de colectores e interceptores, véase apartado 3.4, debiéndose tomar en cuenta lo siguiente para determinar los gastos diseño.

#### 3.5.1.1 Gastos de diseño

Los cálculos de los gastos de diseño para emisores a gravedad, tienen dos modalidades:

- Cuando el emisor conduce el caudal de aguas residuales, de la red de atarjeas a la planta de tratamiento. El gasto de diseño del emisor será el gasto mínimo y el gasto máximo extraordinario de su área de influencia, calculado según se indica en el apartado 3.1.3.
- Cuando el emisor conduce el caudal de aguas tratadas de la planta de tratamiento a la descarga.

El gasto de diseño del emisor será el gasto mínimo y el gasto máximo instantáneo, del área de influencia que drene a la planta de tratamiento, calculado según se indica en el inciso 3.1.3.

En el caso, que la capacidad de la planta de tratamiento de aguas residuales no esté diseñada con el gasto máximo instantáneo, deberá investigarse el gasto de diseño, y con éste, deberá diseñarse el emisor que conducirá el efluente de la planta a la descarga.

### 3.5.2 Emisores a presión

#### 3.5.2.1 Diseño de instalaciones mecánicas y eléctricas

Para el diseño de instalaciones mecánicas y eléctricas, se puede consultar los libros Diseño de instalaciones mecánicas, Diseño de instalaciones eléctricas y Selección de equipo electromecánico del MAPAS.

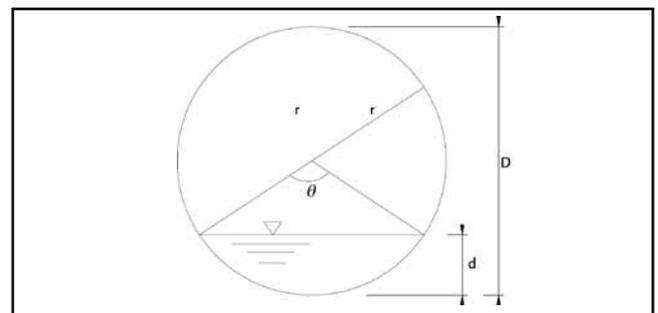


Figura 3.8 Características hidráulicas de una tubería

Los dos primeros volúmenes cubren los criterios y normas actuales aplicables para obtener en los diseños de las instalaciones mecánicas y eléctricas una mayor eficiencia y el tercer volumen sirve de apoyo para la selección de equipos en las instalaciones electromecánicas en sistemas de abastecimiento de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

#### 3.5.2.2 Diseño de la tubería a presión

Para el diseño de la tubería a presión, se recomienda utilizar la fórmula de Darcy-Weisbach y se pueden consultar los libros Datos Básicos y Conducción, del MAPAS.

- $d$  = Tirante hidráulico, m
- $D$  = Diámetro interior del tubo, m
- $A$  = Área de la sección transversal del flujo,  $m^2$
- $P_m$  = Perímetro mojado, m
- $R_h$  = Radio hidráulico, m
- $\theta$  = Ángulo en grados

## 4. Estructura de descarga

Aquella obra final del sistema de alcantarillado que asegura una descarga continua a una corriente receptora. Tales estructuras pueden verter las aguas de emisores consistentes en conductos cerrados o de canales, por lo cual se consideran dos tipos de estructuras para las descargas.

Para la disposición final o vertido de las aguas residuales, se requiere de una estructura de descarga cuyas características dependen del lugar elegido para el vertido, del gasto de descarga, del tipo de emisor (tubería o canal), entre otros.

Siempre se debe procurar que las estructuras de descarga viertan las aguas a presión atmosférica y en casos muy específicos en forma sumergida; podrá hacerse a ríos, lagos, al mar, a pozos de absorción, a riego, etc.

En todos los casos, previo a la estructura de descarga, es obligatorio el tratamiento de las aguas residuales, aún cuando su construcción se programe en etapas posteriores. El nivel de tratamiento necesario de las aguas residuales deberá adecuarse a las normas técnicas ecológicas vigentes y de acuerdo al estudio de impacto ambiental de la localidad.

### 4.1 Aspectos por considerar en el proyecto

El vertido final del caudal del alcantarillado sanitario, debe efectuarse previo tratamiento, por lo que el dimensionamiento de la estructura de descarga se hará para el gasto de producción de la planta de tratamiento. En caso de que la construcción de la planta se difiera, el diseño se hará para el gasto máximo extraordinario considerado para el emisor.

Se debe investigar el uso posterior que se dará al agua para definir el tipo de tratamiento que será necesario realizar, considerando las normas vigentes de calidad del agua existentes al respecto.

Para el diseño de la o las estructuras de descarga de un sistema de alcantarillado, es recomendable considerar lo siguiente:

Localización adecuada del sitio de vertido previo tratamiento, procurando que quede lo más alejado posible de la zona urbana, considerando las zonas de crecimiento futuro, y la dirección de los vientos dominantes para la mejor ubicación de la planta de tratamiento.

Para el caso de descarga en una corriente de agua superficial que fluctúe notablemente en su tirante, se puede diseñar una estructura con dos descargas a diferente nivel, una para escurrimiento en época de secas y otra para la época de avenidas. En todos los casos se deben evitar los remansos en el emisor de descarga, o asegurar que su funcionamiento sea adecuado en cualquier condición de operación.

Protección a la desembocadura de la tubería contra corrientes violentas, tráfico acuático, residuos flotantes, oleaje y otras causas que pudieran dañar la estructura de descarga según las características del sitio de vertido.

En general no es recomendable localizar vertidos en:  
Masas de agua en reposo; vasos de presas, lagos, estuarios o bahías pequeñas.  
Aguas arriba de una cascada o caída de agua.  
Terrenos bajos que estén alternativamente expuestos a inundación y secado.

### 4.2 Sitios de vertido previo tratamiento

La disposición final de las aguas residuales tratadas se puede llevar a cabo en diversas formas, que complementan por medio de los procesos naturales, el trabajo que efectúan las plantas de tratamiento. A continuación se describen los sitios más comunes de disposición de éstas aguas:

#### 4.2.1 Vertido en corrientes superficiales

Los ríos se han utilizado indiscriminadamente en nuestro medio como sitio de vertido previo tratamiento, aun cuando el agua residual no se halla sometido a trata-

miento (caso común), causando la contaminación de las corrientes superficiales.

Para evitar el problema anterior es importante investigar los usos que se hagan aguas abajo del vertido, ya que pueden ser para el abastecimiento de agua para consumo humano, riego, etc.; lo cual determina el tipo de tratamiento. La NOM-001-SEMARNAT vigente o la que la sustituya, establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes en las aguas residuales de origen urbano o municipal dependiendo el tipo de disposición que se le de al efluente.

Para descargar el efluente de una planta de tratamiento en una corriente receptora se debe utilizar una estructura de descarga que permita encauzarlo debidamente en la corriente. La construcción de la estructura de descarga se debe hacer preferentemente en un tramo recto del río, debiendo tomar en cuenta las características de socavación de la corriente en la sección de vertido.

Si el vertido se hace en corrientes de escurrimiento permanente, con variaciones pequeñas en su tirante, la obra de descarga, será esviada, analizando la importancia que puede tener el remanso del agua para grandes avenidas.

Si el vertido se realiza en corrientes con escurrimiento muy variable a través del tiempo, se deben encauzar en el estiaje las aguas residuales tratadas hasta el sitio más bajo del cauce en donde se tenga el escurrimiento, a fin de evitar su encharcamiento.

Para el diseño de la estructura de descarga se deberá disponer de la siguiente información:

- a. Gasto mínimo y máximo de aguas residuales tratadas que entrega el emisor.
- b. Sección o secciones topográficas en la zona de vertido, procurando que sea un tramo recto y estable de la corriente, indicando los niveles de aguas mínimas (NAMIN), aguas máximas normales (NAMO) y aguas máximas extraordinarias (NAME).
- c. Características geotécnicas del cauce.
- d. Elevación de la plantilla del emisor en la descarga, la cual deberá estar por encima del nivel de aguas mínimas del cuerpo receptor.

#### 4.2.2 Vertido en terrenos

Se lleva a cabo generalmente para utilizar las aguas residuales tratadas para riego de terrenos agrícolas, con

finés recreativos o para recarga de acuíferos.

La información que se requiere para el proyecto y que es determinante para elegir el sitio de vertido previo tratamiento es la siguiente:

- a. Cuál es el tipo de cultivos que se van a regar.
- b. Sistema de riego que se implantará.
- c. Gasto mínimo y máximo de aguas residuales tratadas que entrega el emisor.
- d. Tipo de suelo.
- e. Permeabilidad del terreno y factibilidad para drenarlo.
- f. Elevación del nivel freático.
- g. Topografía del terreno ligada a la del emisor del efluente.

Cuando el emisor corresponda a tubería, su plantilla debe ser lo más superficial que sea posible en la descarga, garantizando un colchón mínimo recomendado por el fabricante o diseñador, dependiendo si el sitio de la obra está sujeto a cargas vivas o no. La elevación de la descarga debe ser tal que permita el vertido a terrenos por gravedad.

En el caso que no se pueda respetar el colchón mínimo recomendado por el fabricante de la tubería, deberá protegerse la tubería proyectada mediante estructuras de refuerzo que consideren las cargas vivas (si existen), muertas y de impacto.

La disposición del agua residual tratada para irrigación o inundación es muy útil en zonas áridas. Pueden regarse pasturas, huertos de naranjos, limoneros, nogales y los jardines de parques públicos.

Si la disposición final se hace para riego, se debe tener especial cuidado cuando se destine a cultivo de hortalizas, ya que las aguas residuales tratadas deberán contar con el tratamiento adecuado.

#### 4.2.3 Vertido en el mar

En este caso es conveniente que el emisor se prolongue a cierta distancia de la ribera hasta alcanzar aguas profundas, o hasta donde las corrientes produzcan una mezcla de los líquidos residuales con el agua de mar, con objeto de evitar contaminación en las playas próximas.

En las descargas al mar, es conveniente instalar el emisor submarino a profundidades mayores que el nivel promedio de las mareas bajas, con una longitud que

puede variar entre 50 y 100 m. Para su orientación es necesario considerar la dirección de las corrientes marinas superficiales.

La descarga es submarina y en la tubería se pueden colocar difusores; puede haber bifurcaciones o simplemente tenerse una tubería con orificios. Conviene que la sección transversal de los difusores sea perpendicular a las corrientes dominantes.

En caso de utilizar tuberías perforadas, las perforaciones se alternan a un lado y otro del tubo para evitar interferencias de los chorros. Las perforaciones usuales son de 6 a 23 cm. de diámetro. Se recomienda que en las tuberías de descarga la velocidad del agua sea de 0.60 a 0.90 m/s.

Los tubos que se utilicen deben ser protegidos contra la acción de las olas.

En los vertidos al mar hay una gran tendencia a formarse bancos de cieno, por lo que la localización del vertido debe hacerse en sitios tales que las corrientes marinas y las mareas arrastren las aguas tratadas hacia puntos lejanos de playas, evitando así los malos olores y peligros de infección que pueda originar el agua residual tratada.

Si la localidad tiene muy poca altura sobre el nivel de mar y hay grandes variaciones de mareas, para aprovechar al máximo las pendientes para desaguar por gravedad, se recurre a establecer depósitos compensadores de marea con capacidad mínima igual al volumen de aguas servidas en 12 horas, así se llenan estos depósitos durante la marea alta y se vacían durante la marea baja.

En bahías pueden establecerse desagües múltiples colocando ramas abiertas en "T" ó en "Y", en el conducto de salida. Si las bahías son muy cerradas no es recomendable el vertido al mar.

Para el diseño de una descarga en el mar es necesaria la siguiente información:

- a. Gasto mínimo y máximo de aguas residuales tratadas que entrega el emisor.
- b. Estudio de las corrientes en la zona de vertido, su dirección en las diferentes estaciones del año.
- c. Topografía de la zona de descarga y perfil en el eje del emisor (batimetría).
- d. La batimetría debe cubrir una superficie aproximada de 30 000 m<sup>2</sup>, de no más de 150 m a lo largo del eje del conducto con un ancho de 200 m, teniendo como eje al emisor.

#### 4.2.4 Vertido en lagos y lagunas

En general no es aconsejable el vertido de las aguas residuales tratadas en lagos y lagunas, pues los procesos de tratamiento son muy costosos. En los casos estrictamente necesarios, las aguas residuales deberán ser sometidas a un tratamiento adecuado y la descarga deberá ser ahogada.

Para elaborar el proyecto se requiere lo siguiente:

- a. Gasto mínimo y máximo de aguas residuales que entrega el emisor.
- b. Características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales y del lago.
- c. Datos topográficos de la zona de descarga.

#### 4.2.5 Recarga de aguas subterráneas por medio de pozos de absorción

Las aguas residuales tratadas también se utilizan para recarga de aguas subterráneas. Puede hacerse mediante pozos de absorción o depósitos de repartición, que permitan a las aguas infiltrarse y llegar a los mantos subterráneos, o bombearse hasta los estratos acuíferos que alimentan los pozos. Los estudios de geohidrología del lugar definirán la posibilidad de proyectar este tipo de descarga, además de considerar el adecuado tratamiento de las aguas residuales

## 5. Hermeticidad

Con el objeto de evitar pérdida de agua y la contaminación de los acuíferos y suelos por fugas y/o fallas en las uniones de los elementos que conforman el sistema de alcantarillado sanitario que trabajen a superficie libre (Descargas domiciliarias, tuberías, pozos, etc.) y garantizar la hermeticidad del sistema, la Comisión Nacional del Agua emitió la Norma Oficial Mexicana NOM-001-CONAGUA-1995 “Sistemas de alcantarillado sanitario – Especificaciones de hermeticidad” o la que la sustituya.

Esta norma oficial mexicana, es de observancia obligatoria para los responsables del diseño e instalación de los sistemas de alcantarillado sanitario y los fabricantes de los componentes de los sistemas de alcantarillado sanitario de manufactura nacional y extranjera que se comercialicen dentro del territorio nacional.

Además, los que tengan a su cargo los sistemas de alcantarillado sanitario, son los responsables de la correcta aplicación de las especificaciones de construcción que se hayan establecido en el contrato para asegurar la hermeticidad del sistema de alcantarillado y su correcta funcionalidad.

Para comprobar la hermeticidad del Sistema de alcantarillado sanitario, conforme lo establecido en la NOM-001-CONAGUA-1995 o la que la sustituya, la tubería se puede someter a:

La prueba hidrostática, a una presión de prueba de 0.05 MPa (0.5 kg/cm<sup>2</sup>)

La prueba neumática, a una presión de prueba de 0.03 MPa (0.3 kg/cm<sup>2</sup>)

Para la prueba de hidrostática, de acuerdo al material de la tubería, se deben tomar en consideración lo establecido en la tabla 5.1.

Cuando los responsables de los sistemas de alcantarillado sanitario (ejecutor y supervisor) consideren factible la ejecución de la prueba neumática para diámetros mayores a 630 mm, deberán establecer procedimientos apropiados de seguridad, necesarios para evitar cualquier riesgo que pueda poner en peligro al personal involucrado en la instalación, así como contar con el equipo adecuado al diámetro del tubo del tramo de la red de alcantarillado a probar.

**Tabla 5.1 Valores permisibles para la prueba de hermeticidad hidrostática de acuerdo al material de la tubería.**

Material	Diámetro nominal (mm)	Tiempo de prellenado (h)	Agua agregada en L/m <sup>2</sup> de superficie mojada	Presión de prueba MPa (kg/cm <sup>2</sup> )
Fibrocemento	Todos los diámetros	24	0.02	0.05 (0.5)
Concreto simple	Hasta 600		0.15	
Concreto reforzado	Todos los diámetros		0.10	
PVC, PE y PRFV	Todos los diámetros	1	0.02	
Acero al carbono	Todos los diámetros	1	-----	

# 6. Recomendaciones de construcción y operación

Para el buen funcionamiento de un sistema de alcantarillado sanitario, no basta un buen diseño de la red, es necesario considerar aspectos importantes durante su construcción y operación. En este capítulo se hace una descripción detallada de las etapas para la consecución de los objetivos del proyecto, en materia constructiva y operativa, como son la excavación, anchos de zanja, plantillas, profundidades máximas y mínimas, colchones de relleno mínimos, así como los procedimientos de instalación y mantenimiento más empleados en tuberías de diferentes materiales.

## 6.1 Recomendaciones de construcción

Durante la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario se deben de seleccionar los diferentes componentes del sistema, siguiendo procedimientos de construcción e instalación recomendados por fabricantes y avalados por la experiencia de constructores y organismos rectores. Los criterios de selección de los materiales y procedimientos de construcción se deben de adaptar a las características y condiciones de la zona de proyecto, tales como la disponibilidad de los componentes del sistema de alcantarillado, la disponibilidad de recursos económicos, procedimientos constructivos usuales en la zona, tipo de suelo, nivel freático durabilidad y eficiencia de los componentes en cuestión. Cabe destacar que el empleo de buenos materiales sin un buen procedimiento

constructivo dará lugar a fallas, lo cual también sucederá si se emplean procedimientos correctos con materiales inadecuados.

Las etapas de construcción que comprende una red de alcantarillado sanitario son: excavación de zanja, ademe en algunas ocasiones, cama ó plantilla de zanja, colocación de tubería, relleno de zanja y construcción de las instalaciones complementarias. A continuación se hace una descripción de cada una de estas etapas.

### 6.1.1 Excavación de zanja

Para obtener la máxima protección de las tuberías se recomienda que estas se instalen en condición de zanja de acuerdo a las características del terreno, así deberá ser el tipo de excavación. La excavación de la zanja se puede llevar a cabo ya sea a mano o con máquina (ver Figuras 6.1 a y b), dependiendo de las características de la zona de proyecto, como pueden ser el acceso a la zona, el tipo de suelo, el volumen de excavación, etc. La excavación se debe realizar conservando las pendientes y profundidades que marque el proyecto; el fondo de la zanja debe ser de tal forma que provea un apoyo firme y uniforme a lo largo de la tubería.

Cuando en el fondo de la zanja se encuentren condiciones inestables que impidieran proporcionar a la tubería un apoyo firme y constante, se deberá realizar una sobre excavación y rellenar esta con un material adecuado (plantilla) que garantice la estabilidad del fondo de la zanja.

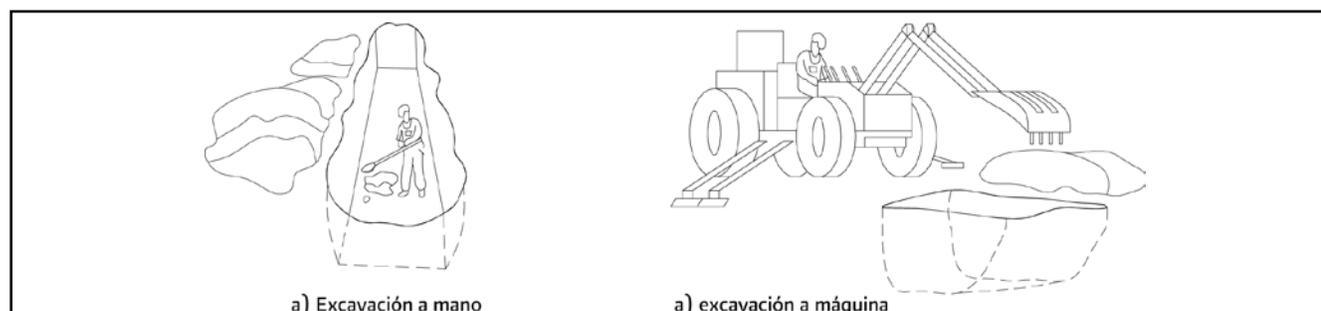


Figura 6.1 Procedimientos de excavación en zanja

La forma más común de verificar la profundidad de las zanjas es fabricando niveletas y escantillones, teniendo en cuenta que a la cota de plantilla del proyecto se le deben aumentar 5 cm, de cama, más el espesor del tubo.

Se colocarán las niveletas a lo largo de la excavación a cada 20 m, posteriormente se tirará un reventón al centro de la zanja y con el escantillón se verificará y afinará el fondo de la zanja para obtener la profundidad necesaria y posteriormente con este mismo método se controlará el nivel de la plantilla hidráulica de los tubos (ver Figuras 6.2a, b y c).

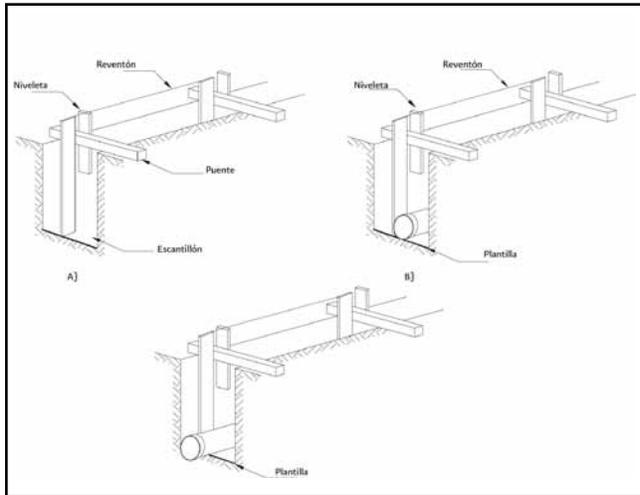


Figura 6.2 Procedimientos de nivelación en zanja

### 6.1.1.1 Ancho de zanja

En la Tabla 6.1, se indica el ancho recomendable de la zanja, para diferentes diámetros de tubería en diferentes materiales. Es indispensable que a la altura del lomo del tubo, la zanja tenga realmente el ancho que se indica en las tablas mencionadas; a partir de este punto puede dársele a sus paredes el talud necesario para evitar el empleo de ademe. Si resulta conveniente el empleo de un ademe, el ancho de zanja debe ser igual al indicado en las tablas ya referidas más el ancho que ocupe el ademe.

### 6.1.1.2 Sistemas de protección de zanjas

Las zanjas excavadas en terrenos inestables exigen un apuntalamiento para evitar hundimientos ó el desplome de las paredes laterales. Este apuntalamiento puede ser amplio o ligero, dependiendo de las condiciones del terreno.

En México se emplean diversos sistemas de protección de zanjas. A continuación se mencionan los que más comúnmente se utilizan.

#### a) Apuntalamiento

Consiste en colocar un par de tablas verticales dispuestas sobre los lados opuestos de las zanjas, con dos polines que las fijan. Este sistema se emplea en zanjas poco profundas en terreno estable.

#### b) Ademe

Es el sistema de tablas de madera que se colocan en contacto con las paredes de la zanja. Para lograr la estabilidad del ademe, se utilizan polines de madera que se colocan transversalmente de un lado a otro de la zanja, y barrotes de madera para transferir la carga ejercida sobre las tablas del revestimiento a los polines.

El ademe puede ser simple, si está formado por piezas cortas de madera colocadas verticalmente contra los lados de la zanja, con polines y barrotes cortos que completan el sistema. Puede no ser de longitud uniforme, dependiendo de la consistencia del terreno, dejando algunos huecos en las paredes de la zanja, como indica la Figura 6.3a.

El ademe puede ser cerrado utilizando tablas horizontales para revestir las paredes de la zanja y barrotes verticales con uno ó más polines transversales para cada par! de barrotes (véase Figura 6.3b). Este sistema se adapta bien en terrenos de material suelto poco consistente.

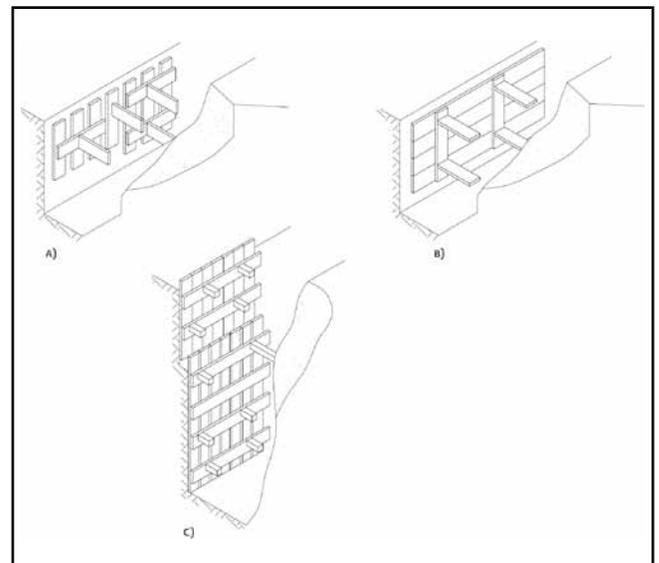


Figura 6.3 Sistemas de protección de zanjas

### c) Tablestacado

Es el sistema de protección de zanjas mejor terminado y más costoso de los utilizados.

Puede ser de madera ó de acero y se emplea en excavaciones profundas en terrenos blandos y donde se prevé que pueda haber agua subterránea (véase Figura 6.3c). En el Tablestacado de madera se utilizan los mismos elementos descritos en los sistemas anteriores, pero colocados en forma uniforme a lo largo de la zanja. En ocasiones, en los puntos donde se espera encontrar bastante agua, pueden emplearse tablestacas doblemente armadas de madera en vez de tablas sencillas.

Los Tablestacado de acero se emplean básicamente en instalaciones de gran magnitud. Son más resistentes que los de madera, más impermeables, pueden usarse y volverse a emplear.

### d) Achique en zanjas

Si el nivel del agua freatica está más alto que el fondo de la zanja el agua fluirá dentro de ella, siendo necesario colocar un ademe ó tablestacado, así como extraer el agua de la zanja mediante bombas.

Un sistema de achique en zanjas, es dejar circular el agua por el fondo de la zanja hasta un sumidero, desde el cual se succiona y descarga el agua mediante una bomba. Como el agua puede contener material abrasivo, se recomienda utilizar bombas centrífugas, de diafragma de chorro ó vacío.

En zanjas para tuberías de gran diámetro puede colocarse un tubo de drenaje con juntas abiertas, cubierto de gravilla y dispuesto por debajo del nivel de la misma. Este tipo de drenajes por lo regular desaguan en un sumidero, su ventaja es que suprimen la circulación de agua en la zanja, evitando que dañe el fondo. Los drenajes se dejarán en el lugar en que se colocaron, cuando se termina la instalación.

## 6.1.2 Plantilla o cama

La plantilla o cama consiste en un piso de material fino, colocado sobre el fondo de la zanja que previamente ha sido arreglado con la concavidad necesaria para ajustarse a la superficie externa interior de la tubería, en un ancho cuando menos igual al 60 % de su diámetro exterior, o el recomendado por el fabricante (ver Figura 6.4).

Deberán excavar cuidadosamente las cavidades o conchas para alojar la campana o copie de las juntas de los tubos, con el fin de permitir que la tubería se apoye en toda su longitud sobre el fondo de la zanja o la plantilla apisonada, el espesor de ésta será de 10 cm. El espesor mínimo sobre el eje vertical de la tubería será de 5 cm.

En caso de instalar tubería de acero y si la superficie del terreno lo permite no es necesaria la plantilla. En el caso de tuberías de polietileno, no se requiere de colocación de plantilla en cualquier material excepto roca. En lugares excavados en roca o te petate duro, se preparará la zanja con material suave que pueda dar un apoyo uniforme al tubo (tierra o arena suelta con espesor mínimo de 10 cm).

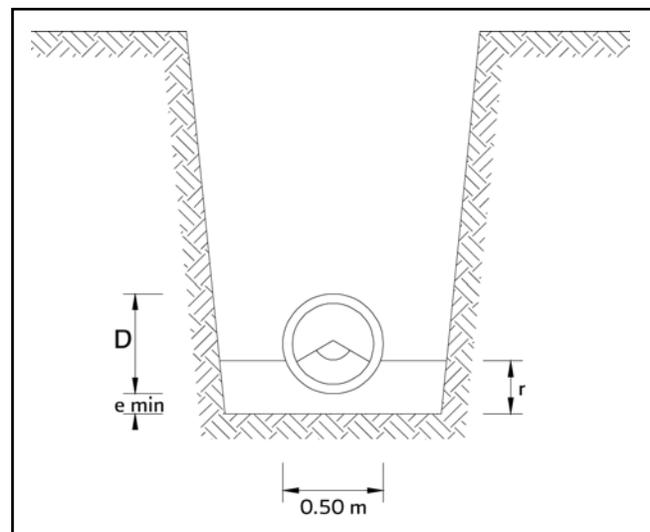


Figura 6.1 Procedimientos de excavación en zanja

## 6.1.3 Instalación de tubería

Las tuberías de alcantarillado sanitario se pueden instalar sobre la superficie, enterradas o con una combinación de ambas, dependiendo de la topografía del terreno, de la clase de tubería y del tipo de terreno.

En el caso de tuberías enterradas, se debe de comprobar de acuerdo al proyecto la pendiente del fondo de la zanja, para proceder a la colocación de la tubería en la zanja. En tuberías expuestas, estas se pueden colocar directamente sobre el terreno natural, o bien, en tramos volados, apoyado sobre estructuras previamente construidas, con las preparaciones necesarias para la conexión de la tubería.

La instalación de un sistema de alcantarillado sanitario debe realizarse comenzando de la parte baja hacia la parte alta; por facilidad de instalación, las campanas deben colocarse siempre en dirección aguas arriba. El sistema se puede poner en funcionamiento de acuerdo a su avance constructivo.

Cuando se interrumpa la instalación de las tuberías deben colocarse tapones en los extremos ya instalados, para evitar la entrada de agentes extraños (agua, tierra, etc.) a la misma.

El tipo de acoplamiento ó junteo de la tubería, dependerá del tipo de material elegido, de acuerdo a la técnica de instalación recomendada por cada fabricante.

A continuación se hace una descripción de los procedimientos de instalación según el tipo de material de la tubería.

### 6.1.3.1 Instalación de tuberías de concreto simple y reforzado

Antes de proceder a la instalación de las tuberías de concreto simple o reforzado se deben de limpiar y posteriormente lubricar con cepillo las campanas, cajas, espigas y anillos de hule de los tubos a acoplar (Figuras 6.5a, b y c). La junta de hule se coloca en la espiga del tubo y posteriormente se alinea la campana y espiga de los tubos que serán junteados (Figuras 6.5d y e). Dependerá del diseño del fabricante y del tipo del anillo de hule la necesidad o no de lubricar el anillo, o la campana o ninguno de los dos. Dentro de las juntas de hule más comúnmente utilizadas se encuentran las siguientes:

- Auto-lubricante
- "O" ring
- De gota
- De cuña u Off-set

El procedimiento de acoplamiento dependerá del tamaño de la tubería. En tubos pequeños el procedimiento es acuñar una barra contra una tabla colocada horizontalmente cruzando el lado acampanado del tubo. Posteriormente se debe de presionar de manera que la tabla inserte la tubería (Figura 6.5f). En tubos medianos, se utilizan dispositivos mecánicos a lo largo de la tubería, los cuales son asegurados a una sección del tubo instalado varios tramos atrás y unidos por un ta-

blón atravesado. Por fuerza mecánica la junta es llevada a posición de unión (Figura 6.5g). En tubos grandes se debe de colocar una viga en un tubo instalado algunas secciones atrás. A esta viga se le une otra mediante algún jalador mecánico de manera que tenga apoyo. Por fuerza mecánica la punta es llevada a la posición de unión (Figura 6.5h).

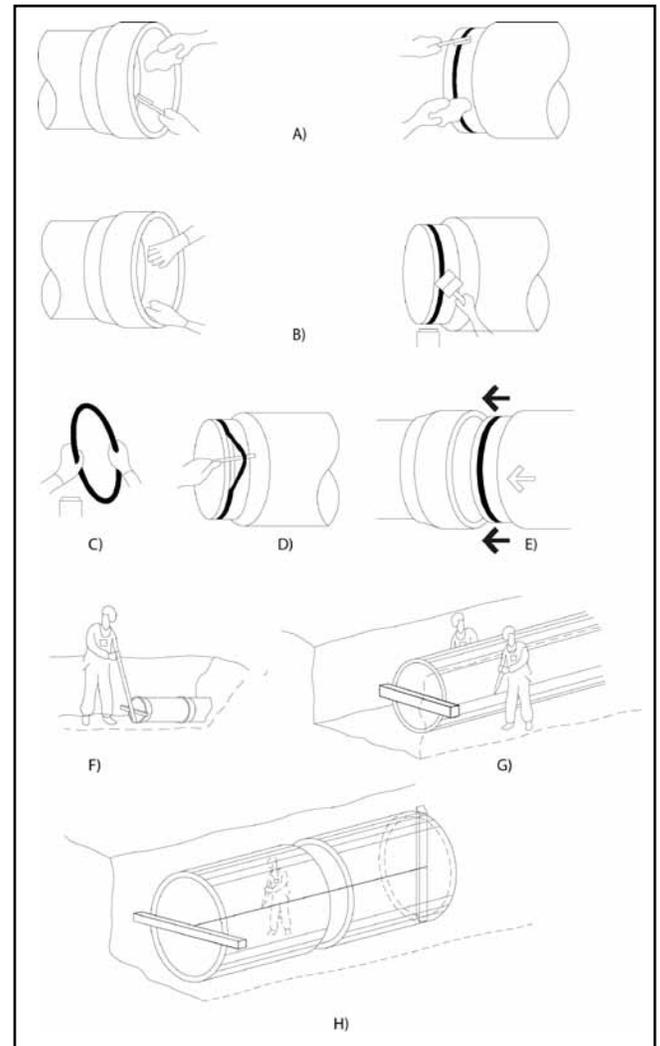


Figura 6.5 Instalación de tubería de concreto simple o reforzado

Para la instalación de tubería de concreto, es importante tener en cuenta los siguientes conceptos.

La tierra en el área de la zanja desde la plantilla al eje medio de la tubería proporciona un soporte importante al tubo y reduce el esfuerzo del tubo.

Un encamado suelto sin compactar directamente bajo el inverso del tubo significativamente reduce la tensión y el esfuerzo del tubo.

Los materiales de instalación y los niveles de compactación debajo del eje medio de la tubería tienen un efecto importante en los requerimientos estructurales del tubo.

El suelo en esas porciones del encamado y área del acostillado, del eje de la tubería del tubo a la parte superior del lomo del tubo, tiene un efecto insignificante sobre la tensión del tubo. La compactación del suelo en esta área no es necesaria a menos que sea requerida para la estructura del pavimento.

Los límites más importantes de la excavación son el ancho y la profundidad de la zanja. Conforme avanza la excavación, la pendiente de la zanja se debe verificar continuamente contra las elevaciones establecidas en el diseño de alcantarillas. Las profundidades incorrectas de la zanja pueden ocasionar puntos altos o bajos en la línea que pudieran afectar adversamente la capacidad hidráulica del alcantarillado y requerir de una corrección o mantenimiento adicional después de terminar la línea.

La carga de relleno transmitida al tubo depende directamente de lo ancho de la zanja. Para determinar la carga de relleno, el diseñador supone cierto ancho de la

zanja y luego seleccionar la resistencia del tubo capaz de soportar esta carga. Si el ancho de la zanja construida excede el ancho adoptado en el diseño, el tubo estará sobrecargado y posiblemente estructuralmente dañado. Debido a que las cargas de relleno y los requerimientos de resistencia del tubo están en función del ancho de zanja, en los planos o dibujos estándar se establecen anchuras máximas de la zanja. En donde no se indiquen los anchos de zanja máxima en cualquiera de los documentos de construcción, estos anchos de zanja deberán de ser lo más estrecho posible con un espacio lateral libre lo suficientemente adecuado para asegurar una correcta compactación del material de relleno a los lados del tubo.

Se pueden utilizar los siguientes anchos de zanja como guía para los tubos de concreto circulares:

**Tabla 6.1 Ancho de zanja para tubos de concreto circular**

Diámetro nominal	Ancho		Plantilla		Colchon mínimo	
	Concreto simple	Concreto reforzado	Concreto simple	Concreto reforzado	Concreto simple	Concreto reforzado
	cm	cm	cm	cm	cm	cm
15	54		8		30	
20	60		8		30	
25	68		8		30	
30	76	80	8	8	30	30
38	91	91	8	8	30	30
45	102	102	8	8	30	30
61	120	120	8	8	30	30
76		150		8		30
91		170		8		30
107		190		8		30
122		210		8		30
152		250		8		30
183		300		9		30
213		340		11		30
244		390		12		30
305		480		15		30

## Acostillado del tubo de concreto

El tubo de concreto ofrece cuatro clases de tubería las cuales difieren de la resistencia estructural que aportan. La resistencia del tubo de concreto se determina mediante una prueba de soporte de tres apoyos estableciendo la resistencia del tubo bajo un punto severo de condición de carga. El diseño del tubo de concreto tradicional utiliza un factor de encamado de 2 aproximadamente para el material de encamado granular como significado para igualar la resistencia de la ecuación de la prueba de tres apoyos a la instalación propuesta. Esto significa que la prueba de tres apoyos medida para una grieta de 0.3 mm es equivalente a aproximadamente el doble de la carga de diseño.

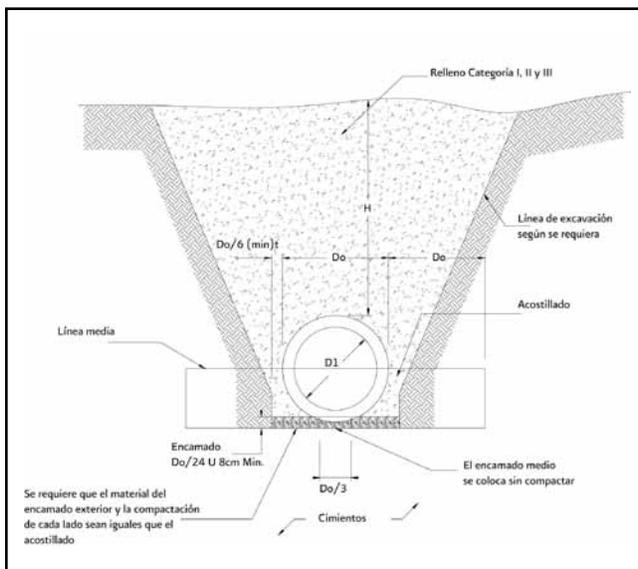


Figura 6.7 Zanja estándar

Para la instalación del tubo de concreto existen cuatro zonas principales que rodean la mitad inferior del tubo. Las cuatro zonas son: encamado medio, encamado exterior, el acostillado y los costados inferiores. El tipo de material (basado en las características del suelo) y en el nivel de compactación, varía con el tipo de instalación (1, 2, 3 o 4) y el material que sea utilizado en la construcción de estas zonas importantes. Se utilizará un tubo de una resistencia mayor a medida que el tipo de instalación sea menos exigente, siendo el tipo de instalación tipo 1 las más exigente y la instalación tipo 4 la menos ya sea por el tipo de suelo o el nivel de compactación. Si bien, la compactación de la parte media del tubo hacia arriba, incluyendo el relleno, no es determinante en

el desempeño del sistema tubo-suelo, la compactación será determinada si se espera que el lugar de la obra sea pavimentada.

**INSTALACIÓN TIPO 1.** El tipo 1 requiere que el suelo granular seleccionado y bien compactado se coloque en las zonas del costado y de encamado. El diseño estructural del tubo entonces tiene la ventaja del soporte proporcionado por esta envoltura de suelo de alta calidad, haciendo que esta instalación sea generalmente la más rentable para el tubo de 60 pulgadas de diámetro y mayor en rellenos profundos.

**INSTALACIÓN TIPO 2.** El tipo 2 es una instalación estándar en donde se permite usar ciertos suelos nativos con una adecuada compactación en las zonas del acostillado y el encamado. Los suelos granulares seleccionados o suelos granulares limosos nativos adecuadamente compactados se pueden usar en las zonas del encamado externo y el costado. Esto sirve para permitir el uso del suelo que frecuentemente se encuentra en el sitio. Cualquier suelo natural adyacente al tubo deberá tener una firmeza equivalente a los suelos colocados. Los requisitos de cimentación y de encamado son similares a los del Tipo 3.

**INSTALACIÓN TIPO 3.** El tipo 3 permite el uso de suelos en las zonas del acostillado y el encamado habiendo fácilmente alcanzado los requisitos de compactación, justificando requisitos de inspección menos rigurosos con suelos granulares y algunos suelos nativos. Se pueden utilizar arcillas limosas en la zona del costado siempre y cuando estén adecuadamente compactadas. Además de los cimientos similares al Tipo 4, se requiere de una capa de encamado con un grosor mínimo de 3 pulgadas para evitar colocar el tubo directamente sobre un subgrado duro o variable.

**INSTALACIÓN TIPO 4.** El tipo 4 es para instalaciones en donde el enfoque de diseño más rentable es especificar los requerimientos mínimos para el tipo de suelo y compactación, junto con un tubo que tenga la resistencia suficiente para resistir los mayores efectos estructurales que resultan del uso de suelos de baja calidad. Por lo tanto, el tipo 4 cuenta con pocos o ningún requerimiento para controlar la compactación y el tipo de suelo colocado en las áreas del encamado y costados, excepto en el caso en que se empleen suelos de arcilla de azolve, estas deben ser compactadas. Es deseable aflojar los suelos nativos duros antes de colocar el tubo.

**Tabla 6.2. Requerimientos de compactación, suelos de Instalación de encamado estándar y requisitos mínimos de compactación**

Tipo de Instalación	Grosor del encamado	Acostillado y encamado exterior	Lado inferior
1	Do/24 mínimo, no menor a 75 mm. En caso de que existan cimientos de roca, se utiliza un mínimo de Do/12, no menor a 150 mm.	95% SW	90% 95% ML o 100% CL
2	Do/24 mínimo, no menor a 75 mm. En caso de que existan cimientos de roca, se utiliza un mínimo de Do/12, no menor a 150 mm	90% SW o 95% ML	85% SW o 90% ML o 95% CL
3	Do/24 mínimo, no menor a 75 mm. En caso de que existan cimientos de roca, se utiliza un mínimo de Do/12, no menor a 150 mm	85% SW, 90% ML o 95% CL	85% SW o 90% ML o 95% CL
4	No se requiere encamado, excepto cuando hay cimientos de roca, utilice Do/12 mínimo, no menor a 150 mm	No se requiere de compactación, excepto si CL, use 85%	No se requiere compactación, excepto si CL, utilice 85% CL

En donde:

Do.- Diámetro exterior del tubo

Di.- Diámetro interior del tubo

H.- Altura de relleno

SW.- Material granular (arena, grava, etc.)

ML.- Sedimentos inorgánicos, arenas finas o sedimentos arcillosos con baja plasticidad

CL.- Arcillas inorgánicas de baja a mediana plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, etc.

### Instalación múltiple de tubos de concreto

Una instalación de múltiples tubos consiste en la colocación de dos o más tuberías en condiciones de una sola zanja o terraplén. Este procedimiento de instalación es más comúnmente utilizado en donde los requisitos restrictivos impiden el uso de un único tubo de diámetro mayor, en donde un ensamble de tubos se utiliza para crear un sistema subterráneo de almacenamiento de aguas pluviales, o donde se instalan un alcantarillado sanitario y un pluvial en la misma zanja a diferentes elevaciones.

En la mayoría de los casos, es más práctico instalar múltiples tuberías en una zanja ancha única en vez de utilizar una zanja para cada línea. Ya que las tuberías múltiples se emplean generalmente cuando existen condiciones restrictivas (poco profundas) y la zanja es extraordinariamente amplia, la instalación de terraplén con satélite positiva representada con mayor similitud la

carga real sobre los tubos y se utilizara para el análisis de esta condición de diseño.

Instalación del Tubo. Las instalaciones estándar tienen requisitos de compactación específicos para el suelo en el área de los costados y lados inferiores para cada instalación. El diseñador debe de proporcionar un espacio adecuado entre las tuberías que sea apropiado para el método de compactación del suelo en las zonas de los costados y lados inferiores. Ya que la compactación del suelo en el espacio entre las varias tuberías presentará dificultades en la mayoría de los casos, se deberá tener cuidado por parte del diseñador al seleccionar el tipo de instalación y el material de encamado para las instalaciones planas de varias tuberías.

En la Figura 6.8, se colocan tres tuberías en una zanja amplia. Para instalaciones estándar, el espacio entre las tuberías, Y, y la distancia del tubo a la pared de la zanja, Z, deberá ser de cuando menos  $1/6$  del diámetro exterior del tubo ( $Do/6$ )

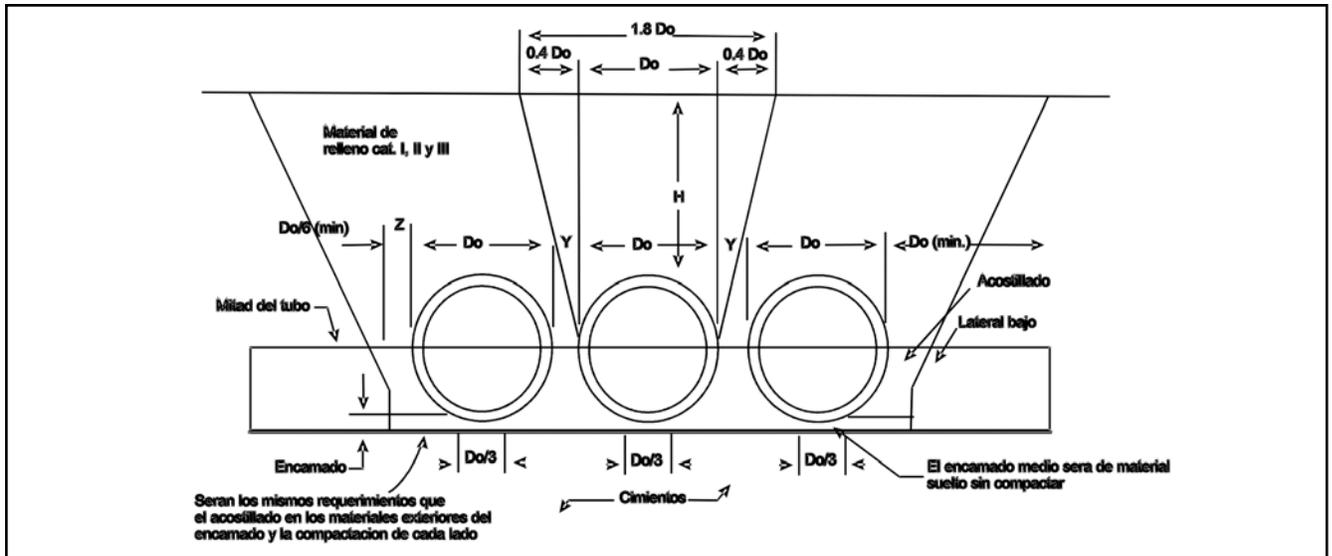
La tercera parte de en medio del área de encamado bajo cada tubería es un encamado suelto colocado sin compactar. La intención es mantener un encamado ligeramente blando para que el tubo se asiente en el encamado y se logre una distribución de cargas óptima.

La secuencia óptima de construcción es colocar el encamado nivelado; instalar el tubo nivelado, compactar el encamado que quede fuera del tercio medio del tubo; y posteriormente colocar y compactar la zona del acos-

tillado hasta la mitad del tubo. Para compactar correctamente el suelo en la zona de los costados, podría ser necesario aumentar las dimensiones de Y y Z más allá de  $Do/6$ .

Analizar la Condición de Carga. La selección de la resistencia del tubo requiere de seis pasos: determinar la carga estática, determinar la carga en movimiento, seleccionar el encamado, determinar los factores de encamado para la carga estática y en movimiento, aplicar el factor de seguridad, y seleccionar la resistencia del tubo.

cia delante, se excava el suelo y se remueve a través del tubo. El material se maneja con cuidado y la excavación no precede a la operación de hincado más de lo requerido. Cuándo el método empleado es la minería manual, y cuándo se utiliza una perforadora, la perforadora se extiende a lo largo del tubo antes de llevar a cabo el método de hincado. Este procedimiento resulta en una menor afectación de los suelos naturales que rodean al tubo. Los contratistas generalmente consideran conveniente el revestir la parte exterior del tubo con lubricante, tal



### Tubo hincado

El tubo de concreto reforzado prefabricado es el material de tubo más comúnmente utilizado en las operaciones del método de hincado. El tubo de concreto se instala frecuentemente mediante el método de hincado en donde son necesarias instalaciones profundas o en donde no son posibles las excavaciones abiertas convencionales ni los métodos de relleno.

### Procedimiento de hincado

El procedimiento usual para utilizar el hincado con del tubo de concreto es equipar el borde delantero del primer tubo con un escudo con la finalidad de proteger a la gente y al tubo. Este método se emplea en la minería manual. Cuando se utiliza una máquina de perforación, el extremo posterior de esta máquina se adapta al tubo en el que se usa el hincado.

Al añadir tramos sucesivos de tubo entre el primer tubo y el hincado, y el tubo es empujado con el gato ha-

como Bentonita, para reducir la resistencia de fricción entre el tubo y el suelo. En la mayoría de los casos, este lubricante se bombea a través de accesorios especiales que se instalan en la pared del tubo. Es aconsejable continuar con las operaciones de método de hincado durante 24 horas al día hasta terminar, debido a la tendencia de del tubo empujado con el hincado a asentarse cuando el movimiento hacia adelante se interrumpe aunque sea unas pocas horas, lo cual causará una significativamente mayor resistencia de fricción.

Es importante que la dirección del método de hincado sea cuidadosamente definida antes de iniciar la operación. Esto requiere el levantamiento de rieles guía en el fondo del tubo usado con el método de hincado. Para el caso de tubos grandes es aconsejable contar con tales rieles colocados en una losa de concreto. La cantidad y la capacidad de los hincados empleados dependen principalmente del tamaño y de la longitud del tubo que será empujado con el método de hincado y el tipo de suelo

presente. Las paredes del túnel deberán ser lo suficientemente resistentes y amplias para distribuir la capacidad máxima de los hincados contra el suelo detrás de la pared del túnel

La Figura 6.9 proporciona un resumen del proceso paso a paso asociado con el método de hincado de los tubos.

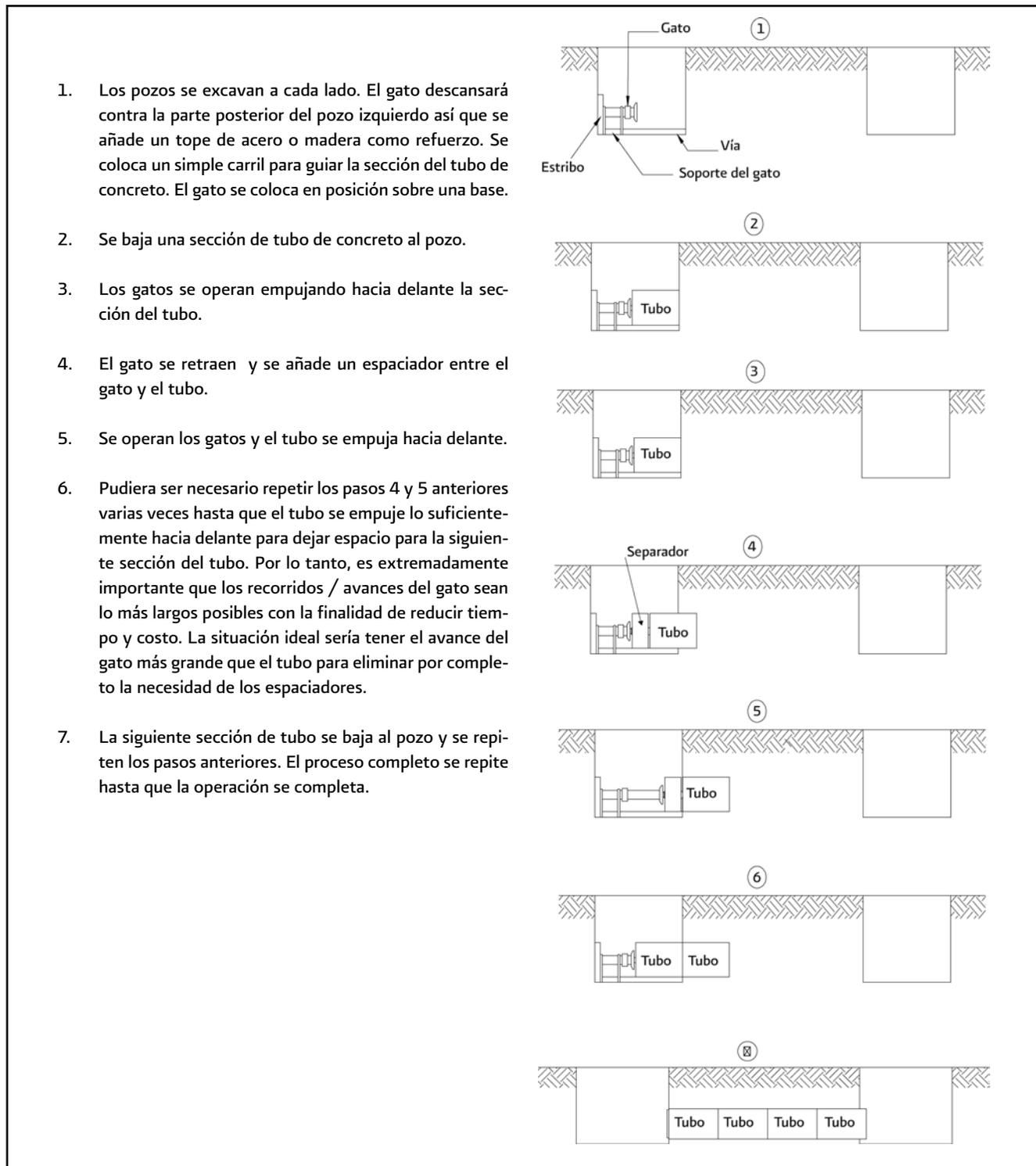


Figura 6.9 Pasos para utilizar el método de hincado en el tubo de concreto

### Las cargas en el tubo hincado

Dos tipos de cargas actúan sobre el tubo de concreto reforzado instalado mediante el método de hincado; la carga axial derivada de las presiones aplicadas durante la instalación; y la carga de soporte debida a la cubierta de tierra, con alguna posible influencia de las cargas vivas, que generalmente se hacen presentes después de terminada la instalación.

**Cargas Axiales:** Para las cargas axiales que se encuentran normalmente, se necesita proporcionar una distribución relativamente uniforme de la carga alrededor del perímetro del tubo con la finalidad de prevenir una concentración de tensión localizada. Esto se logra asegurando que los extremos del tubo estén paralelos dentro de las tolerancias establecidas para el tubo de concreto reforzado; utilizando algún material para amortiguar tal como triplay de centro sólido o aglomerado y con precaución por parte del contratista para asegurar que la fuerza de método del hincado está debidamente distribuida en la estructura de hincado y paralela al eje del tubo. El área transversal del tubo de concreto es adecuada para resistir las presiones encontradas en cualquier operación normal de método de hincado. Es siempre una buena idea reunirse con el contratista del hincado con el fin de averiguar las fuerzas de método de hincado que espera aplicar al tubo.

Para los proyectos en donde se anticipan presiones extremas de método de hincado debidas a extensas distancias de método de hincado o excesivas fuerzas de fricción unitarias, se podrían requerir de fuerzas compresivas de concreto mayores que las usuales, junto con un mayor cuidado para evitar concentraciones de fuerza de apoyo.

El factor de seguridad en la capacidad de carga axial deberá ser de 3.20 basado en la máxima resistencia del concreto. Se deberá evaluar asimismo el efecto de las cargas excéntricas o concentradas en las uniones del tubo.

La magnitud de las cargas axiales anticipadas está en función de muchos factores entre los que se incluyen la técnica de instalación, la longitud total de hincado, la fricción superficial del concreto, el diámetro del tubo y la resistencia de la pared de empuje del tubo

La fuerza total del método de hincado ( $F_{js}$ ) del tubo de concreto depende de varios factores primarios:

Área Transversal del tubo en el punto más débil (normalmente la unión): ( $A_j$ )

Resistencia a la compresión del concreto: ( $f'c$ )

El factor apropiado de seguridad: ( $S.F.$ )

La fuerza del método de hincado del tubo, (fuerza directa de compresión), ( $R_{js}$ ) se ajusta a la siguiente ecuación:

$$R_{js} = \frac{(A_j)(f'c)}{S.F.}$$

Adicionalmente se deberá evaluar la flexión longitudinal debida a la excentricidad de la carga en la superficie de la unión. En general, el tubo completo permanece bajo compresión, a pesar de una mínima flexión debida a la excentricidad entre el centro de la superficie de la unión y la sección grande de pared más allá de la unión. Con algunos diseños, la fuerza resultante está actuando considerablemente fuera de la línea central de la pared, creando un esfuerzo de tensión neto. En tales casos, este stress deberá estar limitado a  $3x f_c^{1/2}$

**Cargas laterales:** Estas cargas pueden ser el resultado de la fuerza del método de hincado aplicada al tubo si la estructura de hincado no está cuadrada al extremo del tubo de concreto en el método de hincado. También se presentará una presión lateral si el tubo está fuera de traza o nivel. Esta acción somete los extremos de espiga y campana del tubo a cargas extremas de esfuerzo de corte.

**Cargas de tierra y en movimiento:** El cálculo de la resistencia del tubo requerida se determina a partir de: la profundidad del suelo, la masa del suelo, y las cargas vivas, si es el caso. El programa de software PipePac, de la American Concrete Pipe Association, puede ser de gran ayuda para determinar la capacidad requerida de soporte de carga del tubo.

Los otros dos factores a ser considerados incluyen: la dimensión de la holgura en la parte exterior del tubo de concreto reforzado hincado, y si está área esta lechada o sin lechar posterior a la instalación del tubo.

El tubo del método de hincado deberá contener dos armazones de refuerzo circular en el cuerpo del tubo. El armazón exterior se deberá extender hasta el campana del tubo, y el armazón interior se deberá extender hasta la espiga del tubo.

El tubo se fabricará solamente con armazones de refuerzo circular. No se permite en ningún momento el refuerzo elíptico de acero en el tubo del método de hincado.

En tanto las condiciones lo garanticen, el propietario podría solicitar el extremo del campana sea reforzado mediante el uso de una virola externa de acero (Calibre 12 y 203 mm de altura) La tira de acero se solda a la parte exterior de la armazón de refuerzo utilizando los espaciadores apropiados.

Se instalan generalmente puertos de lubricación (bentonita) al momento de la fabricación, lo que podría o no involucrar el uso de una válvula unidireccional. Lo mejor es verificar con el contratista del hincado con la finalidad de ubicar estos puertos en dónde mejor le sean útiles.

Las uniones del tubo deberán de ser lo más simétricas posible: esto es, el grueso de la espiga deberá de ser lo más cercano posible al grosor del extremo del campana. Dentro de las opciones de empaques a utilizar para el tubo del método de hincado se encuentran el anillo en O (O Ring) o single offset (de cuña) ya que a estos tipos de empaque no los afectan los pequeños movimientos en el área de la unión esperados conforma se aplica y se disminuye la presión de hincado.

### 6.1.3.2 Instalación de tuberías de fibrocemento

#### Tipos de unión

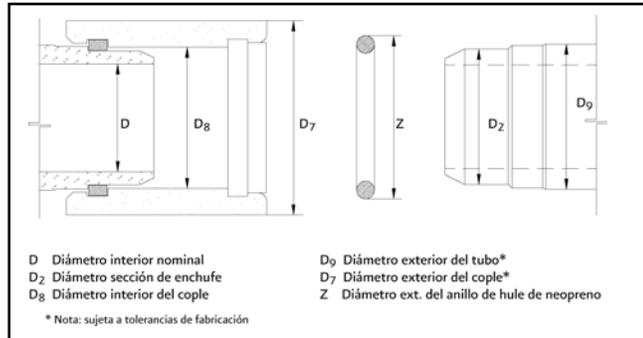


Figura 6.10 Tubos junta Simplex

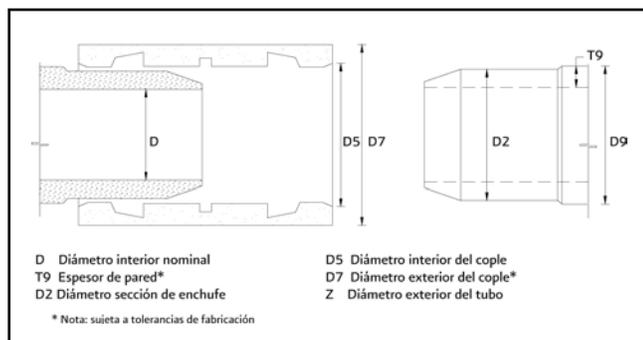


Figura 6.11 Tubos junta Reka

El tendido se hará colocando la tubería en el fondo de la zanja, de manera que apoye en su cuadrante inferior toda su longitud, en una cama de material seleccionado.

Antes de proceder a la instalación de la tubería de fibrocemento, se deben de limpiar y posteriormente lubricar las espigas y anillos de hule (neopreno) de los tubos a instalar (Figuras 6.12a y b). Los anillos de hule se colocan dentro de las ranuras del cople y posteriormente se alinea el cople y la espiga del tubo a acoplar (Figura No. 6.12c). En cada unión o junta, se debe comprobar la correcta posición de los anillos para los diámetros de 150 mm a 1050 mm, haciendo girar el cople y recorriendo perimetralmente el escantillón los 360° (Figura No. 6.12f).

En tuberías mayores a 200 mm, es recomendable utilizar equipo mecánico tal como: gato de escalera, gato súper simplex, tirfor, etc.

En diámetros mayores o iguales a 500 mm, se puede realizar la instalación con ayuda de maquinaria de construcción, con capacidad suficiente de acuerdo al diámetro de tubería por instalar.

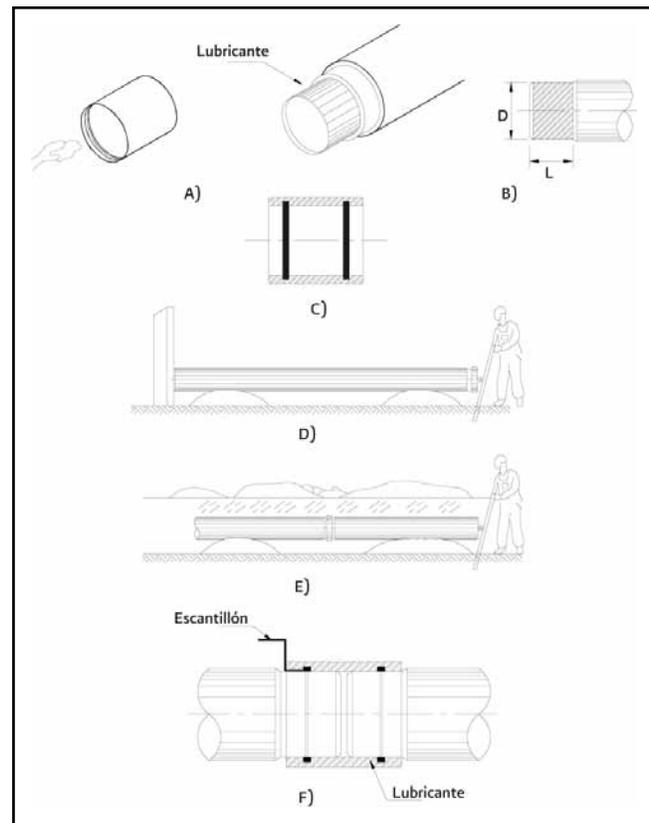


Figura 6.12 Instalación de tubería de fibrocemento

### 6.1.3.3 Instalación de tuberías de poli(cloruro de vinilo) (PVC)

#### Sistemas de unión en tubería de poli(cloruro de vinilo) (PVC)

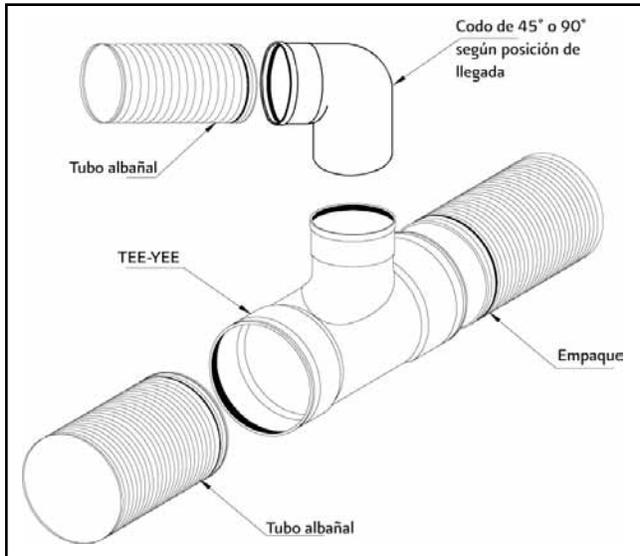


Figura 6.13 Unión con Tee-Yee

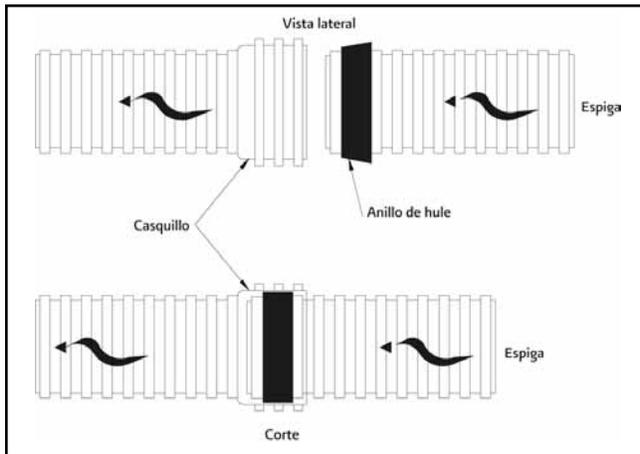


Figura 6.14 Acoplamiento estructurado anular

Al igual que en las tuberías anteriores se deben de limpiar y lubricar antes de la instalación las campanas, espigas y anillos de hule de los tubos a acoplar (Figuras 6.15 a y b).

Posteriormente se introduce el anillo de hule dentro de la ranura de la campana del tubo (Figura 6.15c), para posteriormente colocar los tubos dentro de la zanja y alinearlos, dejándolos listos para acoplar.

El acoplamiento se realiza de la siguiente forma: en diámetros de hasta 15 cm., el acoplamiento se hará manual, para diámetros de 25 a 40 cm., se hará con un taco de madera y una barreta con la cual se hace palanca (Figura 6.15d). En diámetros medianos de 45 a 107 cm., la instalación puede hacerse con la ayuda de dispositivos mecánicos (montacargas de palanca), de una tonelada de capacidad y dos tramos de cadena ó cable de acero con ganchos, unidos por un tablón atravesado y por presión tirando de ellos los tubos son llevados a su posición de unión (Figura 6.15e).

Para diámetros mayores se coloca dentro de la tubería instalada una viga de madera; a esta se le une otra mediante un dispositivo mecánico de manera que tenga apoyo. Por fuerza mecánica la punta es llevada a la posición de unión. Se deberá evitar que las tuberías sean empujadas con equipo de excavación.

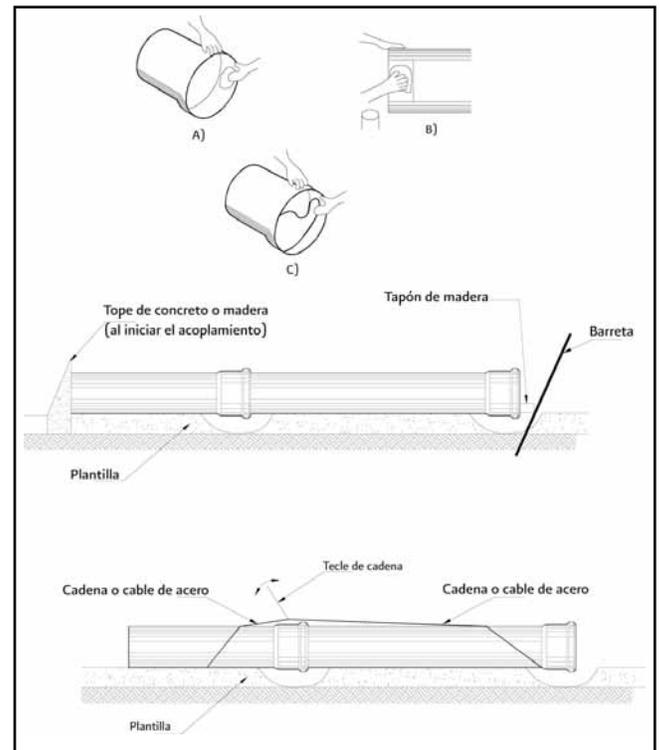


Figura 6.15 Instalación de tubería de PVC

**Tabla 6.3 Anchos de zanja para tubería de PVC**

Diam.Nom. (cm)	Ancho de zanja (cm)	
	Total	S.A.L.
10	60	25
11	60	25
15	60	23
16	60	22
20	60	20
25	60	18
30	65	18
31.5	70	19
35	75	20
37.5	80	21
38	80	21
40	80	20
45	85	20
50	90	20
52.5	95	21
55	100	23
60	110	25
63	115	26
65	120	28
70	130	30
75	135	30
76	140	32
80	145	33
81	145	32
85	155	35
90	160	35
91	160	35
100	175	38
107	185	39
110	190	40
120	205	43

Diam.Nom. (cm)	Ancho de zanja (cm)	
	Total	S.A.L.
122	210	44
130	220	45
140	235	48
150	250	50
152	250	49
160	260	50
170	280	55
180	290	55
183	300	59
190	310	60
200	320	60
213	333	60
244	364	60
250	370	60
260	380	60
270	390	60
280	400	60
290	410	60
300	420	60

S.A.L. Sobre Ancho Lateral. Separación entre el ducto y la pared de la zanja.

### 6.1.3.4 Instalación de tubería de polietileno de alta densidad (PEAD)

Tipos de unión de los tubos de polietileno.

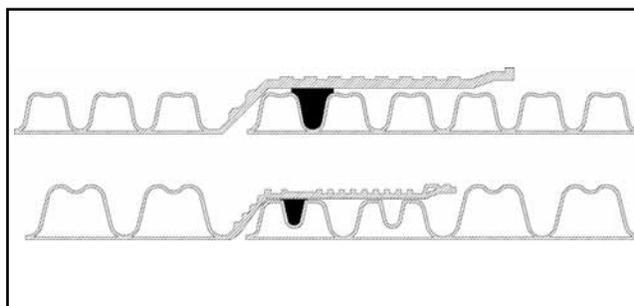


Figura 6.16 Sistema de unión espiga-campana de Tuberías corrugadas

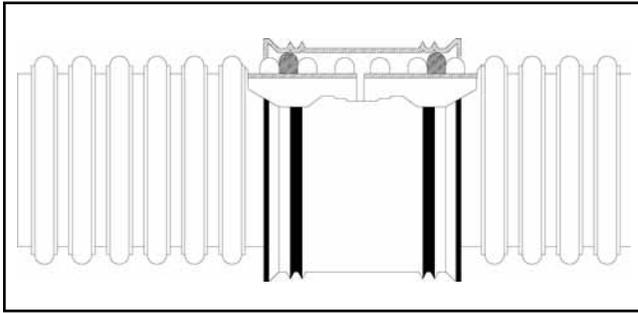


Figura 6.17 Sistema de unión por cople de tuberías corrugadas

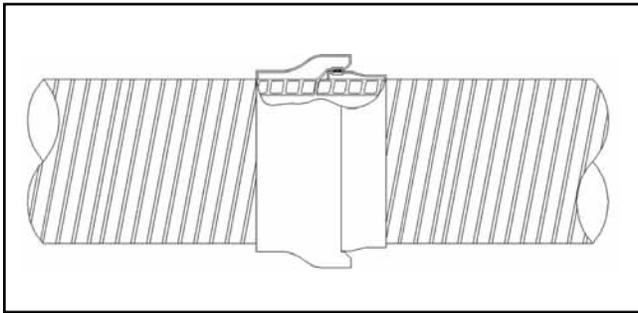


Figura 6.18 Sistema de unión por campana tubería estructurada

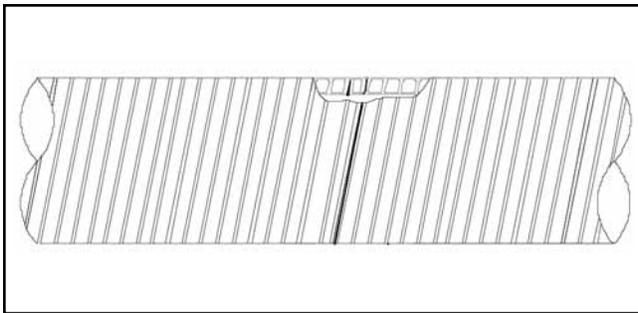


Figura 6.19 Sistema de unión por rosca fusión en tubería estructurada

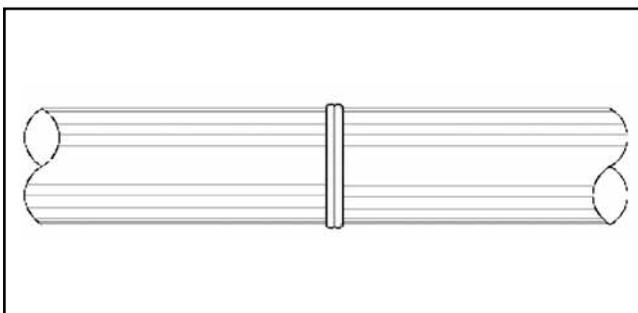


Figura 6.20 Sistema de unión por termofusión en tubería de pared sólida

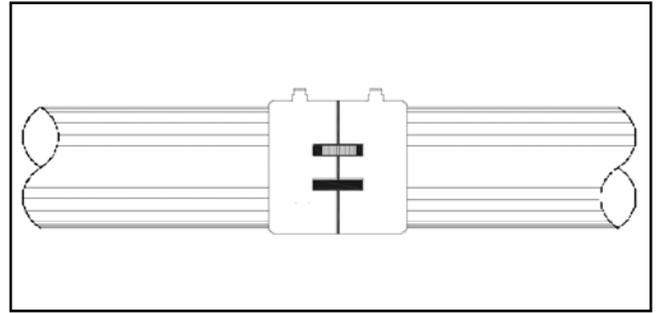


Figura 6.21 Sistema de unión por electrofusión en tuberías de pared sólida

Las instalaciones dependen de diversos factores que afectan su desempeño, como el material de la tubería, la profundidad de instalación y las características del suelo nativo. Las características del material de relleno son particularmente importantes; es de igual importancia la manera en que el tubo es manejado e instalado, ya que ello puede tener grandes efectos en su capacidad para soportar cargas externas. El desempeño de la tubería puede ser controlado con una adecuada instalación. Es importante recordar que el comportamiento mecánico de las tuberías flexibles es distinto al de las tuberías rígidas, por lo que los requerimientos para lograr un desempeño adecuado deben estar presentes y llevarse a cabo.

La instalación de tuberías flexibles, termoplásticas, está especificado en la norma ASTM-D-2321, Práctica Estándar para la Instalación Subterránea de Tubos Termoplásticos para Drenajes y Otras aplicaciones de Flujo por Gravedad; esta norma contiene criterios a tomarse en cuenta para la instalación adecuada, logrando un mejor desempeño de la tubería, de igual forma se deberán considerar las especificaciones particulares de cada fabricante.

#### 6.1.3.4.1 Transporte, recepción, descarga y almacenaje

Se debe de considerar el almacenaje, transporte, descarga y manejo en obra como parte del proceso de instalación de las tuberías plásticas. El traslado de la tubería se debe realizar en transportes adecuados para dicha operación, comúnmente se emplean transportes de cama plana; el amarre en dichos transportes no se deberá realizar con cables metálicos, cadenas o barras metálicas, deberán ser sujetos con bandas o cuerdas de nylon. La operación de descarga es de suma importancia para mantener la estabilidad estructural de la tubería, no deberá ser arrastrada o dejarla caer del transporte al suelo,

son vulnerables a impactos las campanas y espigas de los tubos, de igual forma se deberán evitar golpes con el equipo de construcción, rocas u obstáculos del camino. La descarga de tubería de 100 mm, 4", hasta diámetros de 450 mm, 18", se puede realizar de forma manual. En el caso de la tubería de 600 mm, 24" a 1500 mm, 60", se deberá ser izada mediante bandas o cuerdas de nylon, en dos puntos de apoyo, a un cuarto de longitud del tubo a cada extremo del tubo

Al almacenar los tubos en obra, se debe de realizar de manera que se asegure la estabilidad estructural de la tubería, apoyándola en superficies libres de piedras y escombros. Se debe de tener cuidado que las campana no cargue, pueden deformarse o fracturar comprometiendo la hermeticidad del tubo. Se puede apilar la tubería en estibas de manera tal que presenten orientación de las campanas, invertida en cada nivel sobresaliendo de la estiba inferior. Para evitar movimiento o rodamiento de la tubería se deberán colocar estacas o bloqueos de madera. El empaque o anillo de material elastomérico, comúnmente lleva una protección, la cual solo se deberá de retirar al momento de realizar la instalación, si la tubería van a estar por un largo periodo de tiempo en almacén de obra, los anillos deberán de ser removidos y almacenados en un lugar fresco y a la sombra, puestos de nueva cuenta en la tubería la momento de la instalación, con la orientación correcta.

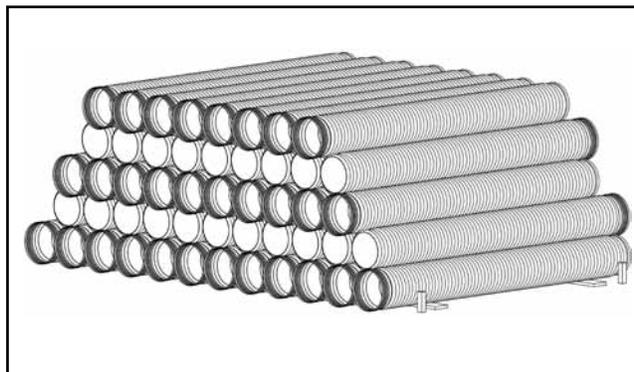


Figura 6.22 Apilamiento de tubería, no debe de exceder el 1.80 m de altura

#### 4.1.3.4.2 Excavación

##### Anchos de zanja

En la instalación de las tuberías plásticas de PEAD, el material del acostillado y de relleno requiere de compactación para alcanzar la densidad, adecuada al lugar donde se desarrolla la obra. La zanja debe tener un ancho adecuada para que el material de acostillado proporcione el soporte al tubo y permita el empleo del equipo de compactación. El ancho debe mantenerse constante a todo el largo de la zona del tubo. El ancho mínimo no debe ser menor que cualquiera de los dos criterios: diámetro exterior más 16", 1.25 veces el diámetro exterior más 12", el que resulte mayor.

Tabla 6.4 Ancho de zanja para las tuberías de PEAD

Material	Tipo	Diámetro nominal		Ancho de zanja mínima	Plantilla mínima	Colchón Mínimo
		cm	in	cm	cm	cm
Poliétileno de alta densidad	Pared Corrugada	76	3	53.00	10	50
		10.00	4	53.00	10	50
		15.00	6	58.00	10	50
		20.00	8	63.00	10	50
		25.00	10	71.00	10	50
		30.00	12	79.00	10	50
		37.50	15	86.00	10	50
		45.00	18	99.00	10	50
		60.00	24	122.00	10	50
		75.00	30	168.00	10	50
		90.00	36	198.00	15	50
		105.00	42	211.00	15	50
		120.00	48	226.00	15	70
		150.00	60	259.00	15	70

Material	Tipo	Diámetros nominales		Ancho de zanja mínima	Plantilla mínima	Colchón mínimo
		[mm]	[plg]	[m]	[m]	[m]
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	PARED ESTRUCTURADA	750	30"	1.2	0.15	0.3
		900	36"	1.3		
		1050	42"	1.5		
		1200	48"	1.6		
		1350	54"	1.8		
		1500	60"	1.9		
		1680	66"	2.1		
		1830	72"	2.3		
		1980	78"	2.4		
		2130	84"	2.6		
		2290	90"	2.7		
		2440	96"	2.9		
		2740	108"	3.2		
		3050	120"	3.5		

Material	Tipo	Diámetros nominales		Ancho de zanja mínima	Plantilla mínima	Colchón mínimo
		[mm]	[plg]	[m]	[m]	[m]
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	PARED SOLIDA	150	6"	0.60	0.10	0.90
		200	8"	0.60		
		250	10"	0.65		
		300	12"	0.70		
		350	14"	0.75		
		400	16"	0.80		
		450	18"	0.85		
		500	20"	0.90		
		550	22"	0.95		
		600	24"	1.00		
		650	26"	1.05		
		700	28"	1.10		
		750	30"	1.15		
		900	36"	1.30		

Se deberá tomar en consideración la seguridad en la zanja.

La profundidad de la zanja debe estar definida principalmente por las instalaciones existentes y del proyecto de la obra. Si no existen obstáculos o requerimientos específicos, la profundidad mínima generalmente será determinada por las cargas vivas; en zonas frías, estará fijada por la línea de congelamiento del suelo. En la tabla

siguiente se tienen los anchos de excavación recomendados para la tubería de PEAD.

En instalaciones de tuberías paralelas en "batería" es necesaria una cantidad de relleno mínimo para proveer un soporte lateral adecuado y un mínimo espacio necesario para lograr la compactación necesaria del relleno y desarrollar el soporte lateral.

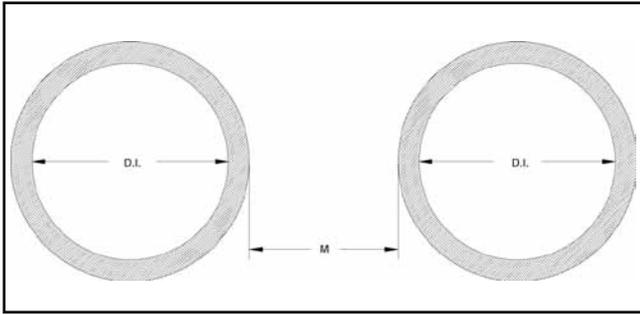


Figura 6.23 Separación mínima entre tubos paralelos hasta 600 mm, 24", de diámetro  $M=0,3m$ , para diámetros de 600 a 1500 mm, 24" a 60",  $M= 0,5 D.I.$

#### 6.1.3.4.3 Cimentación

El fondo de la zanja es de suma importancia ya que será el Soporte longitudinal de la instalación. En este nivel, el material debe ser firme, estable y uniforme en toda la longitud. Normalmente, el encamado se coloca en espesores de 10 cm para establecer el nivel. En caso de que el fondo sea roca el encamado deberá ser de 15 cm de espesor y se emplee grava triturada o arena para establecer el nivel. En fondos inestables de zanja, el material debe ser removido a una profundidad suficiente, bajo las indicaciones de un ingeniero de suelos y remplazar con material clase IA, IB o II de acuerdo con la norma ASTM D 2321, compactando adecuadamente. El control de fondos de zanja inestables puede complementarse con el uso de geosintéticos adecuados.

#### 6.1.3.4.4 Estabilidad de taludes

La función principal de cajones para zanjas, adomado y troquelado es por razones de seguridad, previendo derrumbes de las paredes de las zanjas ó áreas adyacentes a la misma. En suelos no cohesivos en combinación con el nivel freático puede ser necesario el empleo de placas de acero para prevenir el movimiento del suelo.

Comúnmente se instalan placas de acero, pues son relativamente herméticas y de ser necesario es posible desaguar con bombas sumergibles en el fondo de la zanja.

En algunos tipos de suelo, es económico y practico el uso de unidades prefabricadas de longitud similar a un tubo, llamados escudos de capas, escudos para zanjas o cajones para zanjas. Son jalados hacia delante conforme se avanza en la instalación. Estos soportes móviles no deben ser usados bajo el nivel del lomo del tubo, a

menos que se considere algún método para conservar la integridad del material de relleno. Antes de moverlo se debe colocar y compactar el material de relleno a la profundidad adecuada para dar soporte al tubo. El diseño debe estar basado en los principios de la ingeniería de sólidos y la mecánica de suelos, considerando los materiales usados y requerimientos de seguridad.

En casos donde un escudo para zanja esta dentro del área del tubo o debajo, debe ser dejado en el sitio, o si se requiere retirarlo, deben tomarse precauciones adecuadas para su remoción, y considerar que se transmitirán cargas adicionales a la tubería, asegurando que el tubo y materiales de cimentación y de relleno no sean alterados al remover el soporte, si al retirarlo se dejan vados deben ser rellenados y compactados con los mismos materiales y a las mismas compactaciones.

Los elementos que se quedasen en la zanja como elementos de soporte estructural deberán ser tratados contra la degradación biológica. Algunos productos protectores pueden ser agresivos para algunos empaques de hule, por lo que no es recomendable usarlos en la cercanía del tubo.

#### 6.1.3.4.5 Control de agua freática

El nivel freático puede acarrear serios problemas durante la excavación, instalación o relleno. Estos inconvenientes se minimizan si se planea adecuadamente el avance de la construcción. Mantener el nivel freático por debajo del encarnado y la cimentación permite un fondo de zanja estable, y debe mantenerse así todo el tiempo, para evitar el deslave de las paredes de la zanja. Donde sea factible la zanja, debe desaguar hasta que el tubo sea instalado, con el adecuado encamado y relleno hasta una altura arriba del nivel freático.

Para desalojar pequeños volúmenes de agua es posible sobre excavar la zanja y rellenarla con piedra triturada o grava, facilitando así el drenaje, hasta remover el agua.

Para remover grandes cantidades de agua se requiere el uso de sistemas well-point que consisten en una serie de tubos perforados dirigidos hacia el cuerpo del nivel freático conectados a un tubo y una bomba.

Debe controlarse también el escurrimiento de agua de la superficie o del nivel freático que provoque socavación del fondo o paredes de la zanja o material de relleno. Pueden emplearse subdrenes perforados con materiales

bien graduados. La graduación de los materiales de drenaje debe ser seleccionada para minimizar la migración de finos de los materiales circundantes.

#### 6.1.3.4.6 Condiciones especiales

La norma ASTM D 2321 recomienda que en los casos donde el suelo excavado presente problemas de estabilidad, se requiere un ancho mínimo de material de relleno para asegurar el soporte del tubo.

Lo mismo se requiere cuando la resistencia lateral del suelo es despreciable. Por ejemplo, en suelos nativos muy pobres o a lo largo de terraplenes en carreteras o suelos mal compactados, de desechos, turba o suelos altamente expansivos. Si el suelo nativo puede mantener un corte vertical, el ancho mínimo de envoltura de relleno deberá ser de al menos 0.5 de diámetro del tubo a ambos lados del tubo.

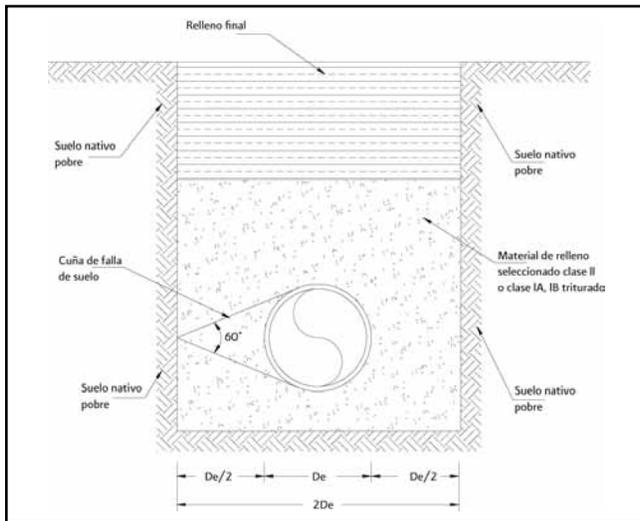


Figura 6.24 Ancho mínimo del material de relleno para un adecuado soporte lateral del tubo en condiciones donde el suelo nativo es muy pobre, pero se puede mantener un corte vertical

Si el suelo nativo no puede sostener un corte vertical o si es el caso de un terraplén, el ancho mínimo de la envoltura de relleno será un diámetro del tubo a cualquier lado del tubo, según se muestra en la figura siguiente, y en ambos casos el material de relleno será un material granular de clase II o IA o IB.

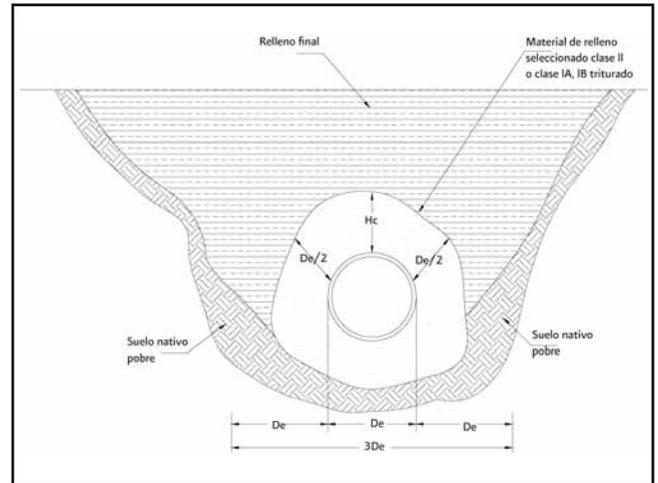


Figura 6.25. Ancho de material de relleno para un adecuado soporte lateral del tubo en condiciones donde el suelo nativo es muy pobre y no es posible mantener un corte vertical

#### 6.1.3.4.7 Instalación de tubería

##### Alineamiento horizontal y pendiente

El tubo debe ser colocado y acomodado en la zanja con los niveles requeridos por la pendiente y el alineamiento. Asimismo, debe dejarse el espacio adecuado para las campanas (si fuese el caso), en el encamado, para asegurar el soporte uniforme del tubo. No obstante, para tubería con campanas de diámetro igual o menor a la altura de las corrugaciones, esto sólo será necesario para evitar que al insertar los tubos se arrastre material de encamado. Posteriormente, estos huecos deberán ser rellenados bajo las campanas.

En casos donde el tubo se instale con alineamientos curvos, por medio de desalineamiento de las juntas, ya sea por deflexión angular de las juntas o radio de curvatura, debe de estar en el límite especificado por el fabricante. Para la tubería de PEAD corrugado el desalineamiento máximo en juntas es de 1.0° como máximo para drenajes sanitarios. Para el caso de la tubería estructura el desalineamiento máximo en juntas es de 3.0° como máximo. Para el caso de la tubería de pared solida la misma tubería cede a estas deflexiones, sin embargo se deberá consultar al fabricante para ver el radio máximo de curvatura para cada caso.

Deben minimizarse las cargas concentradas y asentamientos diferenciales donde quiera que el tubo cruce con otros servicios o estructuras, por medio de un colchón suficiente entre el tubo y el punto donde se localiza la carga.

### Inserción de tubería

El tubo debe mantenerse libre de agua que pueda entorpecer la integridad del encamado o el junteo. El tubo debe estar suspendido por las cuerdas mientras se realiza la inserción y no debe golpear la zanja a algún equipo accidentalmente, ni siquiera con el propósito de orientarlo o nivelarlo, pues tales impactos pueden dañar la integridad de la pared del tubo a la pared interior, pudiendo causar un daño imperceptible.

El tubo debe ser ensamblado en la zanja. Es común colocar la tubería con las campanas en dirección del avance de la instalación; siempre se debe insertar la espiga dentro de la campana. Ambas -campana y espiga- deben ser limpiadas antes de colocar el lubricante.

Los tubos de diámetros pequeños (de menos de 18") pueden instalarse usualmente empujando la junta en su lugar sin herramienta. La tubería de diámetros mayores pudiera necesitar la utilización de una barra u otro equipo para colocarse en su lugar. Si se utiliza barra o equipo, debe usarse un bloque de madera para evitar dañar la campana. Cuando se empuje una junta, asegúrese de que el material del encamado no entre en la campana por la espiga. Material, como las piedras pequeñas y la arena introducida en la campana mientras se unen los tubos, puede ocasionar fugas. Con el uso de "tirfor" a "tecle" a "polea" podrá controlarse la velocidad y fuerza de inserción, asegurándose que el empaque se mantenga en su posición. Por medio del empuje a tiro del brazo de retroexcavadora, la velocidad y fuerza de inserción no se controla y debe asegurarse que el empaque se mantenga en su posición una vez acoplado el tubo. Cuando el empaque se ha desplazado o rolado, deberá desacoplarse la junta, limpiar y lubricar nuevamente e insertar hasta mantener el empaque en su lugar.

Para cerciorarse de que el empaque no se ha desplazado durante la inserción, debe palpase el empaque desde el interior de la junta utilizando una lana de plástico con las esquinas redondeadas (escantillón) para no dañarlo. La tubería debe acoplarse a tope, aunque puede existir un máximo de separación de  $\frac{3}{4}$ "; sin embargo, es muy importante revisar que el empaque no se haya rolado al acoplar la tubería. De suceder esto, debe desacoplarse limpiar, lubricar e insertarse nuevamente hasta que el empaque se mantenga en su sitio, si bien el rolado es poco probable usando una técnica adecuada de acoplamiento.

Debe verificarse que el empaque este en su posición correcta y usar el lubricante recomendado por el fabricante. Es inaceptable el uso de lubricantes minerales, ya que degradan el empaque.

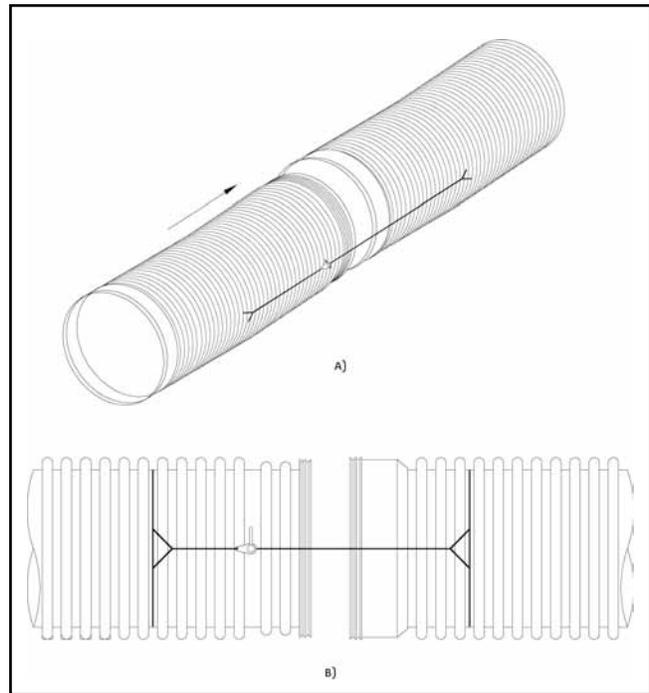


Figura 6.26 Acoplamiento de tubería de 1500 mm empleando dos tecles uno cada lado

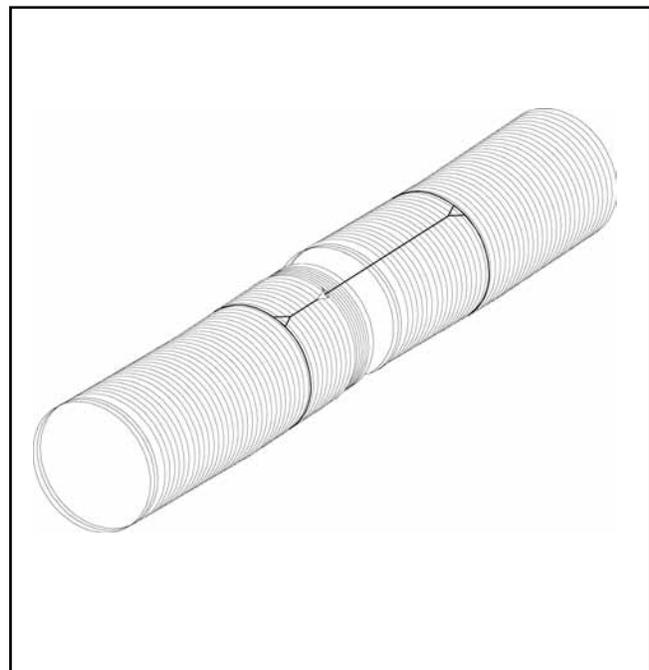


Figura 6.27 Acoplamiento de tubería de 600 mm empleando un solo tecla

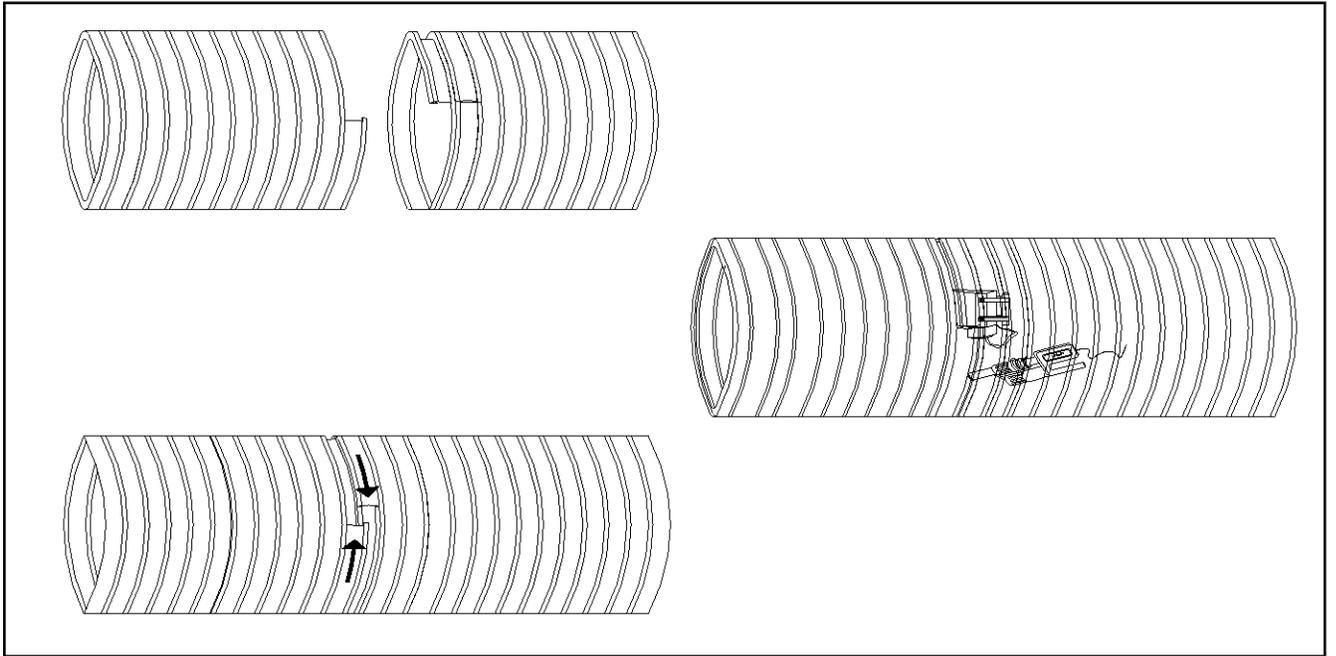


Figura 6.28 Secuencia de acoplamiento y junteo en tubería estructurada

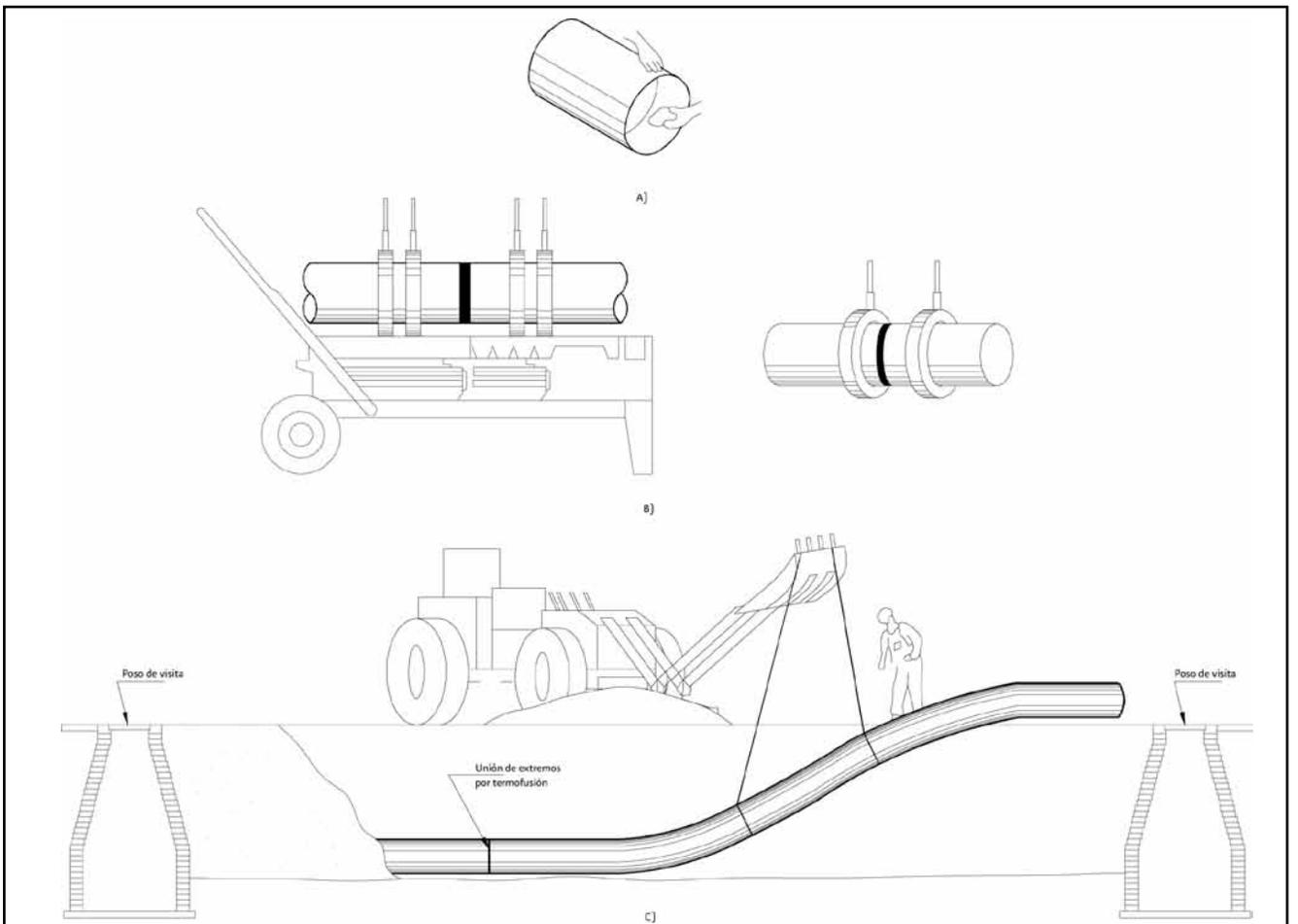


Figura 6.29 Secuencia de acoplamiento y junteo en tubería de pared sólida

### Conexiones con estructuras

En las conexiones de la tubería con estructuras con muros de mampostería o de concreto, debe asegurarse que el agua en el interior del sistema no tenga exfiltraciones en dichas conexiones ni infiltración de nivel freático.

Debe colocarse una barrera que impida el paso del agua con empaques especialmente diseñados para ello o pueden emplearse aislantes en las corrugaciones que quedarán empotradas. Un empaque colocado en una corrugación del tubo, aproximadamente al centro del muro del registro con mortero, cemento arena y un aditivo estabilizador de volumen o un grout no metálico funcionará como una barrera contra el agua.

Los pozos de visita construidos a base de mampostería deberán tener acabado interior y exterior, y de ser necesario algún producto que impida la infiltración o ex-

filtración de agua, Figura 6.30(a). Al momento de realizar la conexión con el pozo, asegúrese de que los tubos adyacentes al muro estén bien apoyados en la cama para evitar dañarlos por un efecto de cortante durante el relleno de la zanja.

Una solución más completa es el empleo de mangas de empotramiento de poliuretano rígido (PUR) que se empotran a la estructura y permiten al tubo cierto nivel de movimientos radiales y axiales, asegurando la hermeticidad a largo plazo al reducir los esfuerzos cortantes ante la presencia de asentamientos diferenciales y movimientos producidos por las cargas vivas, sismos o cualquier otro fenómeno vibratorio, así como facilitar el reemplazo de tuberías unidas a la estructura, Figura 6.30 (b).

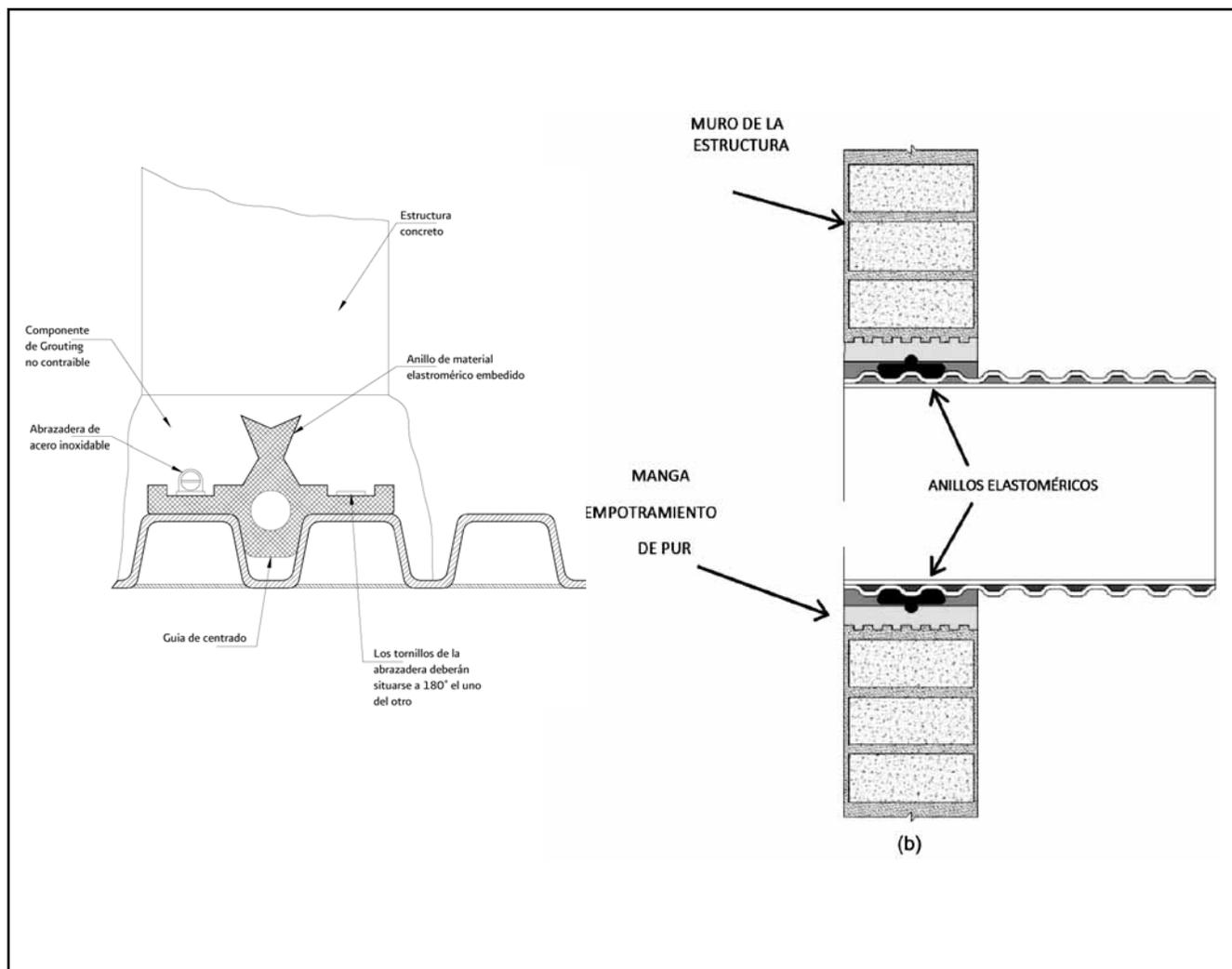


Figura 6.30 Esquema de instalación de la tubería de PEAD corrugada a una estructura

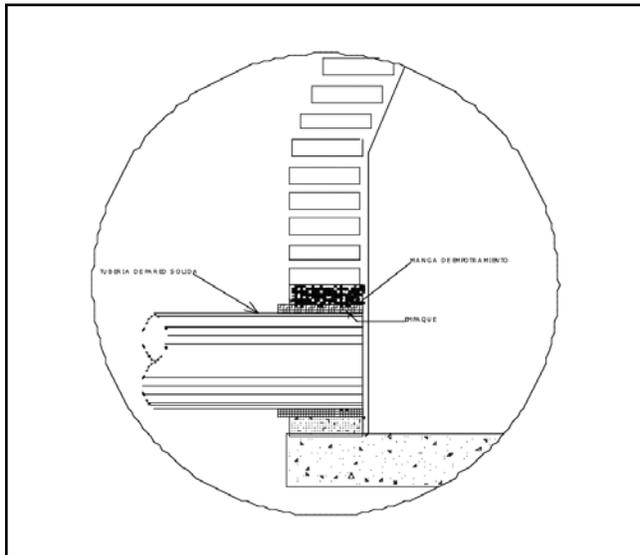


Figura 6.31 Conexión con estructura de la tubería de PEAD estructura y de pared solida

### Materiales de relleno

Los materiales de relleno alrededor del tubo deben ser compactados a la densidad especificada y a la altura de relleno sobre el tubo especificada. Deben, realizarse pruebas de compactación para verificar que el material alcance la compactación requerida, desde la zona de acostillado. Es necesario seguir las recomendaciones establecidos en la norma ASTM D2321. El tamaño máximo de las partículas es  $1\frac{1}{2}$ " para la mayoría de los diámetros, tubos de menor diámetro a 8". El tamaño máximo no debe exceder 10% del diámetro del tubo. El material de relleno tampoco debe contener grumos, terrones, material congelado, escombros, ya que provocarán compactaciones no uniformes, generando excesivas cargas concentradas y deflexiones.

Al colocar materiales de grano grueso de graduación abierta adyacente a finos, estos pueden migrar dentro de material de grano grueso bajo la acción de gradiente hidráulico del nivel freático. La migración puede causar pérdida de soporte del tubo y deflexión continua que podría exceder los límites de diseño. Estos significantes flujos de agua suelen presentarse durante la construcción, cuando el nivel del agua está siendo controlado por varios métodos o después de la construcción cuando subdrenes permeables o materiales de relleno actúan como un "dren Francés" bajo niveles freáticos altos. La graduación y el tamaño del material de relleno y el adyacente deben ser compatibles. También es posible el

empleo de geotextiles que impidan la migración en materiales incompatibles.

La compactación del relleno debe incluir los rincones entre el tubo y el encamado.

### Encamado

Debe proporcionarse un encamado estable y uniforme al tubo. Para suelos clase III, el encamado debe ser compactado dejando suelta una franja central igual a un tercio del diámetro exterior del tubo. Comúnmente se emplean encamados de 10 cm de espesor. En fondos de zanjas excavados en roca debe colocarse encamados de 15 cm de espesor. Materiales de la clase I, II y III son apropiados para utilizarse como encamado.

### Acostillado y relleno inicial

El acostillado es la capa del relleno más importante, ya que provee soporte al tubo. Materiales clase IA, IB, II y III son adecuados para el acostillado; deben colocarse en capas de 15 cm y compactados de acuerdo con la clase de material empleado pero no menos de 90% de la densidad máxima de compactación del material. Se extiende hasta la mitad del tubo. La colocación y compactación del acostillado debe ser simétrica a cada lado del tubo. Debe asegurarse la colocación y compactación del material en los rincones zona entre el tubo y el encamado.

El relleno inicial debe extenderse desde medio tubo hasta una altura de 0.30 m para tubos menores a 48" y 0.60 m para tubos de 120". Esta área de relleno permite que las cargas sean distribuidas uniformemente hacia el acostillado. Debe emplearse los mismos materiales para el acostillado, si se emplean diferentes materiales debe prevenirse la migración de finos con material de graduación seleccionada o geosintéticos. Es muy importante obtener rellenos de rigidez similar cuando se emplean materiales diferentes, de lo contrario se compromete el desempeño estructural del sistema. Puede colocarse en capas de 10 a 15 cm y compactarse en función del material empleado, ya sea material clase IA, IB, II o III.

Puede emplearse el relleno fluido, tomando precauciones para evitar que el tubo flote o sea desalineado al colocar el relleno fluido. Deben colocarse atraques sobre las campanas del tubo y colocar el relleno en capas de 10 O 15 cm a velocidades lentas, dando tiempo suficiente al fraguado inicial de la capa antes de colocar la siguiente. Al emplearse este tipo de relleno debe cubrirse todo el tubo.

## **Relleno final**

Usualmente, el material excavado puede ser utilizado como relleno final. El procedimiento de colocación debe ser igual que el especificado para el terraplén. Si no se cuenta con una especificación, el relleno final se debe colocar en capas no mayores a 20 cm de espesor y la compactación estará en función de la intensidad de uso de la superficie. Esta capa no es una capa crítica como el acostillado y relleno inicial; sin embargo, si el tráfico cruzara la instalación, es necesario cierto grado de compactación para prevenir el asentamiento del pavimento.

## **Compactación**

El grado de compactación del material de relleno debe ser establecido por el ingeniero, basado en los límites de deflexión, rigidez del tubo, control de calidad de la instalación, así como el suelo nativo y las características de compatibilidad del material de relleno usado. Debe verificarse la densidad de compactación especificada realizando pruebas de compactación en campo en la zona de los acostillados y relleno inicial. El grado de compactación varía dependiendo de los requerimientos del material de relleno, ver recomendaciones del fabricante para la instalación. La cantidad de material de menor tamaño hasta finos exige al suelo un mayor grado de atención en su colocación y compactación. La piedra triturada o suelos de grano grueso con textura abierta usualmente no se compactan, pero requieren que su colocación se realice de manera que se elimine la mayor cantidad de vacíos posible, acomodando el material por debajo y alrededor del tubo. Para otros materiales, el método de compactación depende del grado de compactación o el módulo de reacción del suelo que se requiere alcanzar y la cantidad de finos del material.

La compactación mecánica es necesaria en el relleno, para la cual existen diferentes equipos disponibles:

**Pisones manuales.** Compactar el acostillado requiere de mecanismos pequeños para obtener la compactación deseada en el área confinada. Un pisón manual puede ser usado para compactar el acostillado. Estos enseres no pesan más de nueve kilogramos y la superficie de presión no es mayor a 15 cm por 15 cm. Los apisonadores o apisonadores de placa emplean la acción de impacto para forzar al aire y agua a salir de entre las partículas de suelo para consolidar el relleno. Este equipo trabaja adecuadamente en suelos cohesivos o suelos con alto

contenido de arcilla. Debe cuidarse que el apisonador no impacte directamente al tubo. Para equipos pesados de compactación como los Ho-Pac o similares, se requiere un mínimo de 0.90 m de material de relleno entre el tubo y el equipo.

**Compactadores estáticos.** El peso del equipo y las pasadas múltiples sobre el material logran la compactación. Los compactadores pata de cabra emplean los tacones del rodillo para concentrar el peso del equipo. Los compactadores estáticos son adecuados en suelos no cohesivos y debe utilizarse lejos del tubo.

**Compactadores vibratorios.** El movimiento vibratorio de los rodillos o placas vibratorias "sacuden" las partículas de suelo densificando su acomodo; trabajan mejor con suelos no cohesivos, y pueden ser empleados cerca del tubo, dependiendo de su tamaño y peso, teniendo cuidado de no golpearlo directamente.

La consolidación por inundación no es una práctica recomendable y sólo debe ser usada bajo condiciones controladas, analizando las características del material a consolidar, así como del material nativo (ambos deben ser compatibles). El material nativo debe tener suficiente permeabilidad para que el agua no sea retenida en la zanja causando inestabilidad; no es aceptable este método en zanjas donde el material nativo este compuesto de arcillas o limos. Los requerimientos para el espesor de las capas y el grado de compactación son los mismos que para cualquier otro método de compactación, por lo que deben realizarse pruebas rigurosas para asegurar que se alcance los niveles de compactación adecuados.

## **Cargas durante la construcción**

Ciertos vehículos de construcción, como algunos tipos de pavimentadoras, no son tan pesados como la carga de diseño. Para casos con vehículos de construcción relativamente ligeros, pueden circular con coberturas mínimas de 0.30 ó 0.60 m para tuberías hasta de 48" y 60", respectivamente.

Cargas extremadamente altas ocasionadas por vehículos de construcción pesados requieren coberturas mínimas. Se recomienda al menos 0.90 m de cobertura sobre el tubo en instalaciones con vehículos con peso de entre 30 y 60 toneladas. La altura de cobertura depende de la carga y la huella de la carga (superficie de aplicación).

Los rodillos lisos de hasta 9.0 Ton de peso pueden transitar sobre la tubería con coberturas de 0.30 y 0.60

m para tuberías hasta de 48" y 60", respectivamente, sin vibración y con coberturas de 1.20 m, aplicando vibración.

### **Inspección de la instalación**

Debe verificarse el alineamiento horizontal de la tubería, debiendo estar centrada en la zanja y mantener anchos de acostillado simétricos. El alineamiento vertical debe inspeccionarse verificando a simple vista que la pendiente se mantenga uniforme y detectar tubos con variaciones de la pendiente de proyecto. Es conveniente que en la inspección de la instalación sean solicitadas pruebas de compactación del material de acostillado y relleno inicial, verificando que se alcance la compactación requerida.

### **Separación de juntas y verificación de empaques**

Una vez instalado el tubo, se debe verificar que la junta quede unida manteniendo el mayor paralelismo posible entre sus bordes y asegurando que la separación máxima que presenta la unión sea de  $\frac{3}{4}$ ". El empaque deberá quedar alojado en la zona de la campana indicada por el fabricante. En tubos de 30 a 60" deberá hacerlo desde el interior de la junta; en tubos de diámetros menores deberá hacerlo desde el exterior, revisando las marcas entre campanas y corrugaciones. Se debe de verificar que no se haya rolado el empaque durante la conexión. Esta actividad puede realizarse palpando el empaque desde el interior de la junta utilizando una lana de plástico con las esquinas redondeadas (escantillón) para no dañarlo.

### **Deflexión**

La deflexión en tubos flexibles enterrados se presentará después de los 30 días de la instalación. Entre 90 y 95% de la deflexión total se presenta durante los primeros dos o tres días, lo cual da la oportunidad de revisar la tubería poco tiempo después de su instalación, y detectar algún posible procedimiento inadecuado, antes de que el proyecto esté terminado. La revisión se debe realizar una vez que el tubo ha sido colocado y en la zanja compactado el relleno, pero antes de que se coloque el pavimento. La deflexión puede ser medida directamente con flexómetro desde el interior de los tubos de 30" a 60". En diámetros menores o donde no se tenga acceso al interior del tubo debe usarse un deflectómetro. Los tubos detectados con deflexiones tempranas mayores a 5% indicaran que no se tiene un soporte lateral adecuado y

que el confinamiento fue colocado con un procedimiento equivocado o que el material de relleno empleado no fue el idóneo. En estos casos deben tomarse acciones correctivas inmediatas, descubriendo el tubo, retirando del relleno colocado -incluidos los acostillados- y permitiendo al tubo recuperar su forma. Posteriormente, se colocara nuevamente el acostillado y relleno con un procedimiento adecuado.

### **Requerimientos de hermeticidad**

Los requerimientos de hermeticidad de las instalaciones están reguladas por las normas oficiales. La Norma Oficial Mexicana NOM-001-CONAGUA-1995 establece las especificaciones de hermeticidad para alcantarillado sanitario, proporciona la metodología y rangos de aceptabilidad, para pruebas de estanqueidad de pozos de visita, prueba de hermeticidad para tuberías con agua (prueba hidrostática) y prueba de hermeticidad para tubería con aire a baja presión (prueba neumática). La norma ASTM F 1417 también es una referencia para las pruebas de aire a baja presión. La norma NOM-001-CONAGUA-1995 especifica que se debe mantener una presión de aire de 0.3 kg/cm<sup>2</sup> a lo largo de un tramo de tubo durante un periodo determinado de acuerdo con el diámetro del tubo, con una caída máxima de presión de 0.07 kg/cm<sup>2</sup>. A pesar de que los diámetros listados en la norma NOM-001-CONAGUA-1995 solo incluyen hasta 24", 630 mm.

#### **6.1.3.5 Instalación de tubería de PRVF**

La versatilidad del comportamiento del suelo junto con la resistencia y flexibilidad de las tuberías de PRVF ofrece un potencial de características únicas para la interacción suelo-estructura lo que posibilita un rendimiento óptimo del sistema suelo tubería.

A grandes rasgo deben de considerarse dos cargas que actúan sobre la tubería:

- 1.- Cargas externas provocadas por carga de superficie, que ocasionan tensiones de flexión o curvatura de la pared en la tubería.
- 2.- Presión interna que crea tensión superficial y un empuje no balaceado que derivan en las tensiones axiales.

La flexibilidad de la tubería PRFV junto con el comportamiento estructural natural de los suelos y una propuesta estructural de relleno proporciona una combinación ideal para transferir las cargas actuantes sobre la tubería.

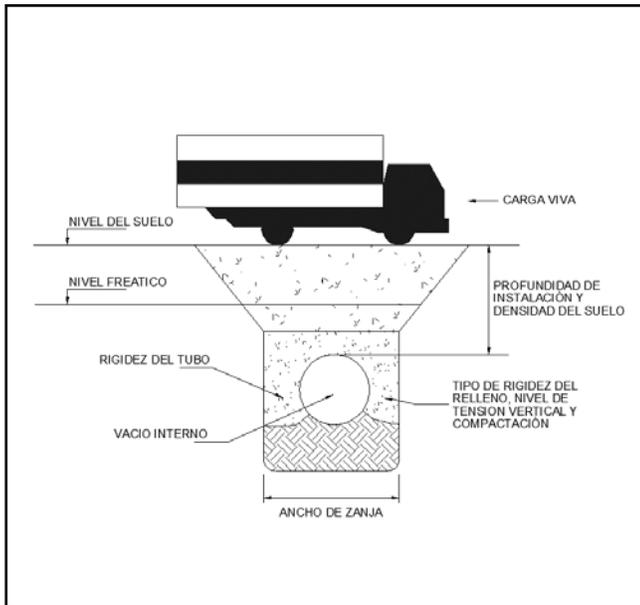


Figura 6.32 Parámetros que determinan el sistema Suelo Tubería

### Inspección de los tubos

Resulta imprescindible revisar todos los tubos en el lugar de entrega en obra para asegurarse de que no hayan sufrido daño alguno durante el transporte.

Dependiendo de la distancia del almacenamiento, la manipulación en obra y otros factores que puedan influir sobre las condiciones del tubo, se recomienda volver a inspeccionar cada tubo, se recomienda volver a inspeccionar cada tubo inmediatamente antes de proceder a su instalación.

### Reparación de los tubos

Por lo general los tubos que presentan daños menores pueden ser reparados en obra por personal calificado.

### Descarga y manipulación de los tubos

Es imprescindible controlar la manipulación del material durante el proceso de descarga. El uso de cuerdas guía atadas a los tubos o a los embalajes de los mismos facilita el control manual de los tubos durante las maniobras de la izada y posterior manipulación. Se debe evitar que la tubería se golpee, se caiga o sufra impactos especialmente en los extremos.

### Tubos sueltos

Los tubos sueltos se pueden izar usando flejes flexibles, eslingas o cuerdas. En ningún caso se han de usar cables de acero o cadenas para levantarlos o soportarlos. Los tubos se deben de levantar usando solo un punto de sujeción (Ver Figura 6.33), en caso de tener dos puntos para su sujeción será de acuerdo a la Figura 6.34. No se deben izar los tubos mediante ganchos en los extremos ni pasando la cuerda por el interior de la tubería de extremo a extremo.

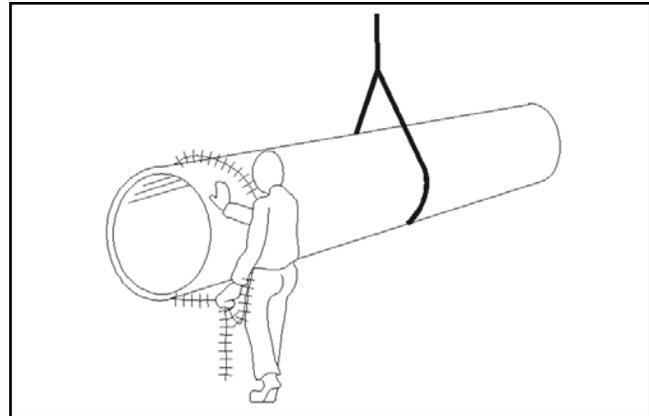


Figura 6.33

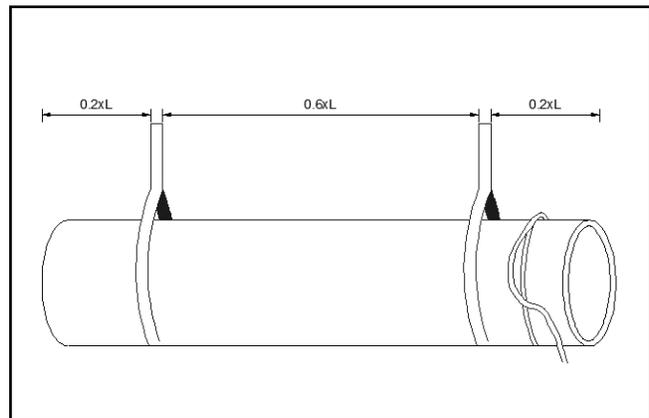


Figura 6.34

Aun cuando las dos formas de izar la tubería son correctas la más recomendada es la de la Figura 6.33

### Embalajes o cargas unificadas

Las cargas unificadas o embalajes deben manipularse utilizando un par de eslingas tal como se muestra la Figura 6.35. No se deben izar distintos grupos de tubos embalados como carga no unificada como si se tratara de un solo grupo. Los tubos que se embalen como carga

no unificada deben ser descargados y manipulados en forma separada, uno a la vez.

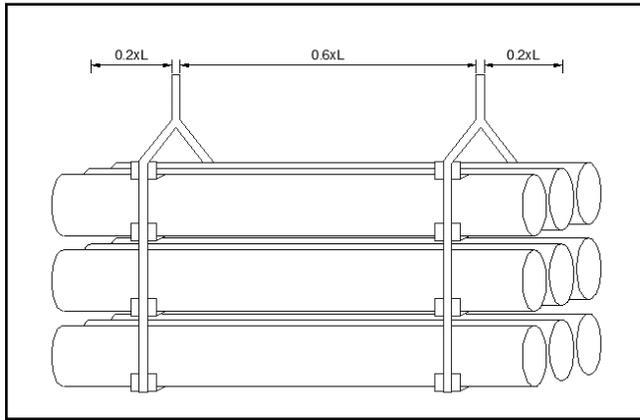


Figura 6.35

### Almacenaje de tubos en obra

No es necesario colocar o resguardar de los rayos la tubería, puesto que esta es inerte a los rayos del sol. Como regla general se recomienda almacenar los tubos sobre maderas planas que faciliten la colaboración y posterior retiro de las fajas teladas de alrededor del tubo. Cuando los tubos se depositen directamente sobre el suelo se deberá inspeccionar la zona para cerciorarse que esta exenta de rocas u otros escombros que puedan dañar el tubo. En caso de que sea necesario apilar los tubos se recomienda hacerlos sobre soportes planos de madera (75 mm de ancho como mínimo) ubicados a cada cuarto y con cuñas (Ver Figura 6.36). Así mismo se recomienda utilizar el material de estiba original de envío.

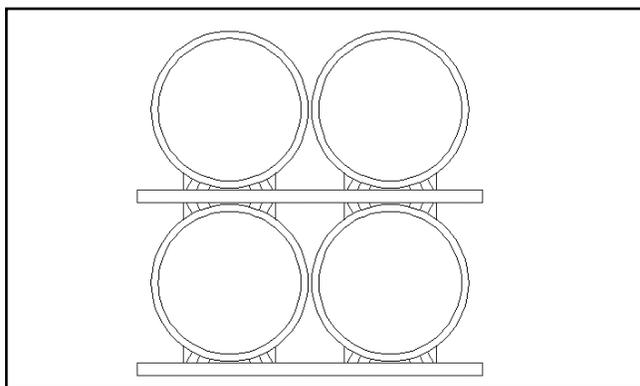


Figura 6.36

### Transporte de tubería

Para el transporte de tubería se debe apoyar completamente la tubería sobre maderas planas distanciadas

como máximo 4 metros entre sí y con una saliente de 2 metros como máximo. También se deben fijar los tubos para que permanezcan estables y separados

La altura máxima de apilado recomendado es de 2.5 m aproximadamente. Se deben atar los tubos al vehículo sobre los puntos de sujeción utilizando flejes flexibles o sogas (Figura 6.37), nunca utilice cables de acero o cadenas sin colocar una adecuada protección al tubo para impedir la abrasión

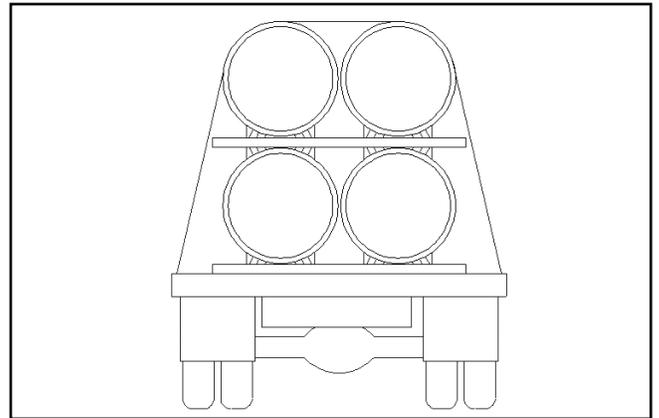


Figura 6.37

### Procedimiento de instalación para la tubería prfv

El procedimiento de instalación apropiado para los tubos PRFV varía de acuerdo a la rigidez del tubo, el colchón sobre el tubo, el ancho de zanja, las características de los suelos nativos, las sobrecargas y materiales de relleno. El material nativo debe confinar adecuadamente el relleno de la zona del tubo para alcanzar el soporte adecuado.

### Ancho de zanja

La Tabla 6.5 muestra los diferentes anchos de zanja para las tuberías PRFV, el ancho de zanja siempre debe ser lo suficientemente ancho como para permitir un espacio apropiado que asegure el correcto posicionamiento y compactación del riñón, así como también debe permitir el uso y operación de equipos de compactación sin dañar los tubos

**Tabla 6.5 ancho de zanja para tubería PRFV**

TUBERIA PRFV		
DN	Ancho	Espesor de Plantilla
	mm	mm
300	800	100
350	850	100
400	900	100
450	1050	100
500	1100	100
600	1200	100
700	1400	100
750	1450	100
800	1500	100
900	1600	100
1000	1700	150
1100	1800	150
1200	2000	150
1300	2100	150
1400	2200	150
1500	2300	150
1600	2400	150
1700	2600	150
1800	2700	150
1900	2800	150
2000	3000	150
2100	3100	150
2200	3300	150
2300	3400	150
2400	3500	150
2500	3700	150
2600	3800	150
2700	3900	150
2800	4000	150
2900	4100	150
3000	4200	150

**Plantilla de la tubería**

La plantilla de la tubería debe estar ubicada sobre un fondo firme y estable de modo que proporcione un adecuado apoyo a la tubería. Los espesores recomendados de plantilla son los que aparecen en la Tabla 6.5. En caso de que el fondo de la zanja sea inestable o demasiado

blando se deberá colocar una cimentación adicional para lograr el apoyo firme que la plantilla necesita.

Puede suceder que haya que importar el material de plantilla para lograr la graduación adecuada y el apoyo necesario, los materiales recomendados para la plantilla son SC1 Y SC2, es posible ocupar el material de excavación para la construcción de la plantilla siempre y cuando cumpla con la granulometría necesaria para asegurar el nivel de compactación requerido.

Por otro lado, la plantilla debe ser sobre excavada en cada unión para asegurar que el tubo de PRFV tenga un apoyo uniforme y continuo sobre la plantilla y no descanse sobre los coples (Ver Figura 6.38 y 6.39)

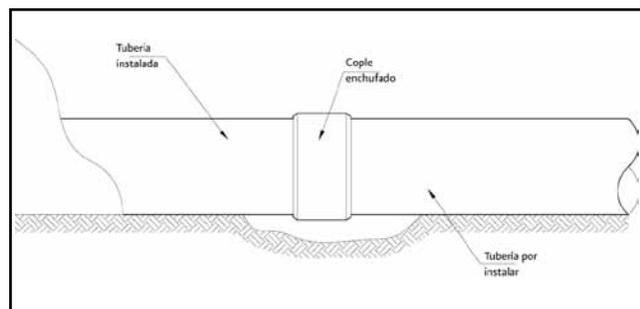


Figura 6.38

Una vez asentada la tubería se deberán rellenar cuidadosamente las sobre excavaciones en los puntos de unión.

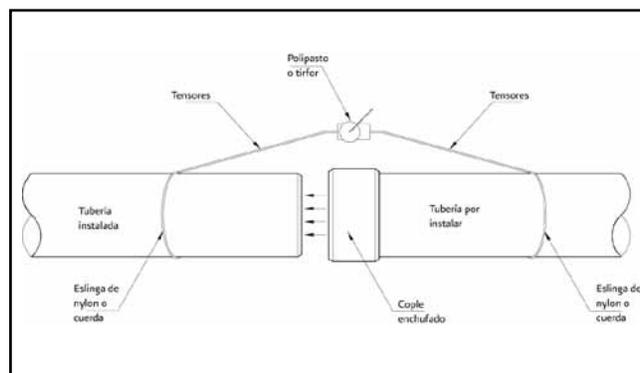


Figura 6.39

**Materiales de relleno**

La tabla 6.6 agrupa los materiales de relleno en diferentes categorías. SC1 y SC2 son suelos de relleno más fáciles de usar y precisan menos esfuerzo de compactación para lograr un determinado nivel de compactación relativa. Independientemente de estas categorías y sin

importar si el suelo de relleno es importado o no, se aplican las siguientes restricciones:

1. Para el tamaño máximo de las partículas y rocas se debe respetar los límites establecidos en la tabla 6.7
2. Los terrones no deberán ser de un tamaño mayor al doble del máximo de las partículas
3. No se debe utilizar material congelado
4. No se debe utilizar material orgánico
5. No se debe utilizar escombros (neumáticos botella, metales ect.)

El relleno sobre el tubo puede consistir en material excavado con un máximo de partícula de hasta 300 mm siempre y cuando la cobertura de la tubería sea de 300 mm. Las rocas mayores de 200 mm no deben ser arrojadas sobre la capa de 300 mm que cubre la clave del tubo desde una altura mayor a 2 metros.

Tabla 6.6 Grupo de suelos de relleno	
Grupos de suelos de relleno	Descripción de los suelos de relleno
SC1	Rocas trituradas con <15% de arena, un máximo de 25% que pase por el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de material fino.
SC2	Suelos limpios de grano grueso con <12% de material fino
SC3	Suelos de grano grueso con 12% de material fino o más. Suelos arenosos o de grano fino con menos de 70% de material fino.
SC4	Suelos de grano fino con más de 70% de material fino.

Tabla 6.7 Tamaño máximo de partículas de relleno	
DN	Tamaño máximo
≤450	13
500-600	19
700-900	25
1000-1200	32
≥1300	40

## Tipos de instalación

Para un sistema Suelo-Tubería se recomiendan dos tipos de instalación estándar. La selección de cada una de ellas depende de las características del suelo nativo, los materiales de relleno, la profundidad a la que debe enterrarse el tubo, las condiciones de sobrecarga, la rigidez de la tubería y las condiciones de operación.

### Instalación tipo 1

Se deberá construir la plantilla de la tubería siguiendo las indicaciones mencionadas anteriormente para su construcción. Posteriormente se deberá rellenar la zona de la tubería (hasta 300 mm sobre lomo de tubo) con material de relleno especificando y compactando según niveles requeridos. Ver Figura 6.40

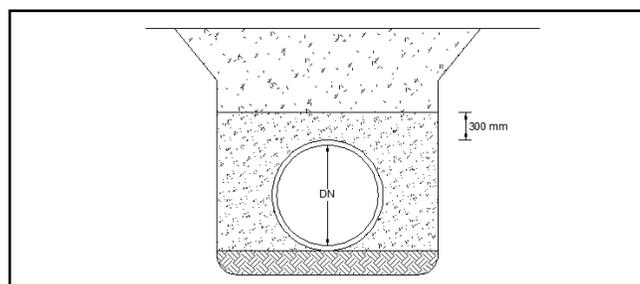


Figura 6.40 Instalación Tipo 1

Nota: Para aplicaciones de baja presión (PN <1 Bar) sin cargas por tráfico, no es necesario compactar sobre los 300 mm sobre lomo de tubo

### Instalación tipo 2

Al igual que en la instalación Tipo 1, se deberá construir la plantilla de la tubería siguiendo las indicaciones mencionadas anteriormente para su construcción. Posteriormente se deberá rellenar la tubería hasta un 60% del diámetro del tubo con el material de relleno y nivel de compactación especificado. Posteriormente el material de relleno restante hasta 300 mm sobre lomo de tubo podrá ejecutarse con una granulometría distinta con un nivel de compactación distinto al colocado primeramente. Ver Figura 6.41

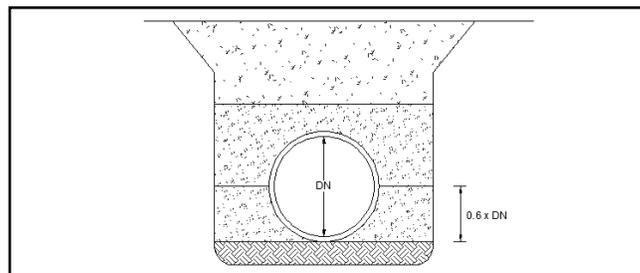


Figura 6.41 Instalación Tipo 2

Nota: la Configuración de relleno Tipo 2 no es adecuada para situaciones de carga por tráfico pesado.

## Relleno de la zanja del tubo

Se recomienda rellenar inmediatamente después del proceso de enchufado a fin de prevenir dos peligros: la flotación del tubo debido a lluvias copiosas y los movimientos térmicos por la diferencia de temperaturas diurnas y nocturnas.

La correcta selección, ubicación y compactación del relleno de la zona de tubería es de gran importancia a fin de controlar la deflexión vertical y asegurar el funcionamiento de la tubería. El material de relleno del riñón en la zona que se encuentra la plantilla y la parte inferior externa del tubo debe insertarse y compactarse antes de colocar el resto del relleno (Ver Figura 6.42)

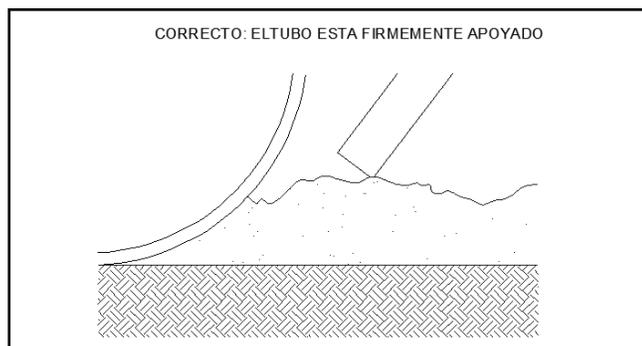


Figura 6.42 Arriñodado de Tubería

Se debe controlar el espesor de la capa a compactar así como la energía utilizada en el método de compactación, el relleno correcto se realiza normalmente en capas de 100 mm a 300 mm dependiendo del material de relleno y el método de compactación. Cuando se utiliza grava o roca triturada como material de relleno generalmente será adecuado una capa de hasta 300 mm, los suelos de grano fino necesitan un mayor esfuerzo de compactación y el espesor de la capa debe ser limitada.

Los rellenos SC1 y SC2 son relativamente fáciles de usar y muy confiables como materiales de relleno, estos suelos tienen baja sensibilidad a la humedad y el relleno se puede compactar fácilmente utilizando una placa vibratoria en capas de 200 a 300 mm. Se pueden aceptar los suelos de rellenos SC3 y se encuentran a menudo listos para usarse como materiales de relleno para la tubería. Lo anterior debido a que muchos suelos nativos en los que se instala la tubería son SC3 y por tanto el suelo extraído puede ser directamente reutilizado como relleno para la zona de tubería. Por otro lado es de notarse que este tipo de suelos son muy sensibles a la humedad.

Las características del tipo de suelo SC3 dependen en gran parte de la fracción fina que los compone, por tanto el control de la humedad es necesario cuando se compacta el suelo para lograr la densidad deseada con una razonable energía de compactación. La compactación se puede lograr utilizando un compactador manual de impacto en capas de 100 a 200 mm.

El relleno tipo SC4 solamente se puede usar como relleno de la zona de tubería observando las siguientes precauciones:

- 1.- Se debe controlar el contenido de humedad del material
- 2.- No se debe usar en fondos inestables o con agua estancada en la zona de tubería
- 3.- Las técnicas de compactación pueden requerir de una considerable cantidad de energía y por lo tanto se deben tener en cuenta las limitaciones prácticas de la compactación relativa y la rigidez del suelo restante.
- 4.- Cuando compacte utilice capas de 100 y 150 mm con un compactador manual de impacto tal como un Whacker o un piso neumático.
- 5.- Las pruebas de compactación se deberán realizar periódicamente a fin de asegurar la compactación requerida

Cuando el relleno alcanza el diámetro horizontal del tubo (springline) toda la compactación deberá comenzar de los lados de la zanja y avanzar hacia el tubo. El relleno de la zona de la tubería se debe ubicar y compactar de tal modo que cause que el tubo se ovalice en dirección vertical (aumento del diámetro vertical) dicha ovalización no deberá exceder del 1.5% del diámetro del tubo de acuerdo con las mediciones realizadas al alcanzar el relleno a lomo de tubo.

La cantidad de ovalización inicial obtenida se relaciona con la energía necesaria para lograr la compactación relativa que se necesita. Los altos niveles de energía necesarios para rellenos SC3 y SC4 pueden sobrepasar los límites, si esto ocurre se deberá instalar tubería con mayor rigidez u otro material de relleno o ambas cosas. Estas recomendaciones se resumen en la Tabla 6.8

**Tabla 6.8 Recomendaciones para la compactación de relleno de la zona de tubo**

Tipo de suelo de relleno	Compactador de impacto	Compactador de placa vibratoria	Recomendaciones
SC1		300 mm	Dos pasadas deberían proporcionar una buena compactación
SC2		200-250 mm	Dos a cuatro pasadas, dependiendo de la altura y la densidad requerida
SC3	100-200 mm		La altura de la capa y el numero de pasadas dependen de la densidad necesaria. Usar con contenido óptimo de humedad o niveles cercanos al mismo. Controlar la compactación
SC4	100-150 mm		Puede requerir una importante energía de compactación El contenido de humedad deber ser óptimo. Verificar la compactación.

### Compactación sobre el tubo

La instalación tipo requiere que se compacten 300 mm sobre lomo de tubo. El relleno de la zanja en aéreas sujetas a cargas de tránsito se suele compactar para minimizar asentamientos de superficie. La Tabla 6.9 muestra la altura mínima de cobertura sobre el tubo. Se debe tener cuidado de evitar en excesivo esfuerzo de compactación sobre la clave del tubo, sin embargo este material por ningún motivo deberá dejarse suelto. Y por tanto se deberá compactar hasta alcanzar los niveles de compactación requeridos.

**Tabla 6.9 Cobertura mínima para compactación sobre lomo de tubo**

Peso del equipo (Kg)	Cobertura mínima del tubo (mm)	
	Impacto	Vibrado
<50	--	--
50-100	250	150
100-200	350	200
200-500	450	300
500-1000	700	450
1000-2000	900	600
2000-4000	1200	800
4000-8000	1500	1000
8000-12000	1800	1200
12000-18000	2200	1500

### Instalación de tubería

Los tubos PRFV por lo general se ensamblan utilizando coples con junta tipo REKA. Los tubos y coples se pueden suministrar por separado, también se pueden entregar con el cople instalado en un extremo del tubo. Si los coples no se entregan previamente ensamblados, se recomienda que se monten en el lugar de almacenamiento o en el sitio de instalación antes de que el tubo sea montado en los soportes.

Otros sistemas de unión como bridas, juntas mecánicas y uniones por laminación pueden ser también usadas para la unión de tuberías.

Los pasos 1 a 4 se deben seguir en todos los montajes que utilicen coples de PRFV con junta tipo REKA, aun para instalación visible o aérea.

#### PASO 1 Limpieza del cople

Limpie completamente las ranuras del acople y los empaques de caucho para asegurarse de que estén libres de suciedad y aceites (ver Figura 6.43)

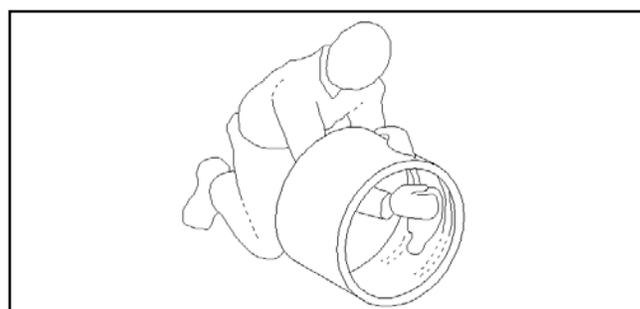


Figura 6.43 Limpieza del cople

### PASO 2 Instalación de empaques de sello

Introduzca el empaque de sello en la ranura dejando bucles del empaque fuera de la ranura (generalmente de dos a cuatro bucles).

No utilice ningún lubricante en la ranura o en el empaque de sello en esta etapa del ensamble. No obstante, puede utilizar agua para humedecer el empaque de sello y la ranura para facilitar el posicionamiento y la inserción del empaque de sello. (Ver Figura 6.44).

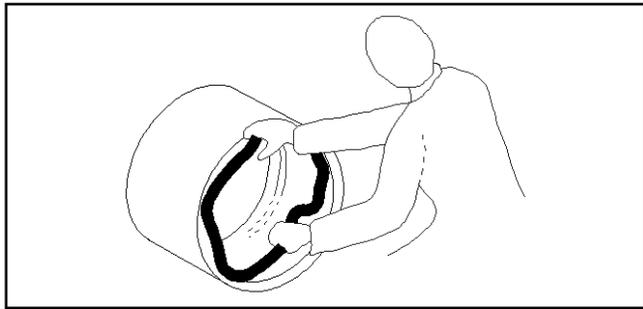


Figura 6.44 Instalación de Sellos

Introduzca cada bucle del empaque en el interior de la ranura, ejerciendo una presión uniforme en todo momento. Una vez instalado el empaque de sello, hale cuidadosamente en dirección radial alrededor de la circunferencia para distribuir la compresión del empaque. Verifique además que ambos lados del empaque sobresalgan uniformemente de la ranura a lo largo de toda la circunferencia.

En caso de que no sea así, puede golpear el empaque de sello con un mazo de caucho para introducirlo correctamente.

### PASO 3 Lubricación de empaques

Aplique una fina capa de lubricante suficiente sobre los empaques (ver Figura 6.45).

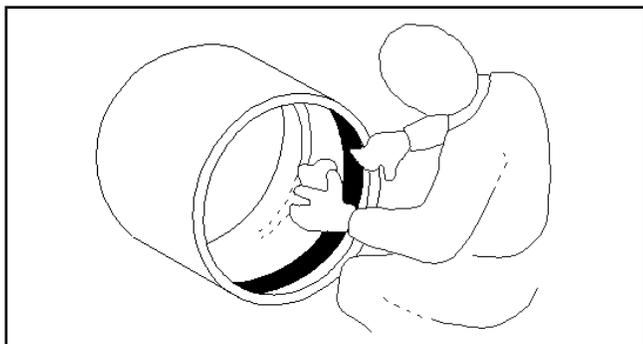


Figura 6.45 Lubricación de Sellos

### PASO 4 Limpieza y lubricación de espigas

Limpie los espigos de los tubos a fondo para eliminar cualquier tipo de suciedad, grasa, arena, etc. Inspeccione la superficie de sellado de la espiga, para detectar daños. Aplique una fina capa de lubricante en los espigos desde el extremo del tubo hasta la posición donde se encuentra pintada la franja negra de alineación. Tome las precauciones necesarias para mantener limpios los espigos y los acoples una vez lubricados (ver Figura 6.46).

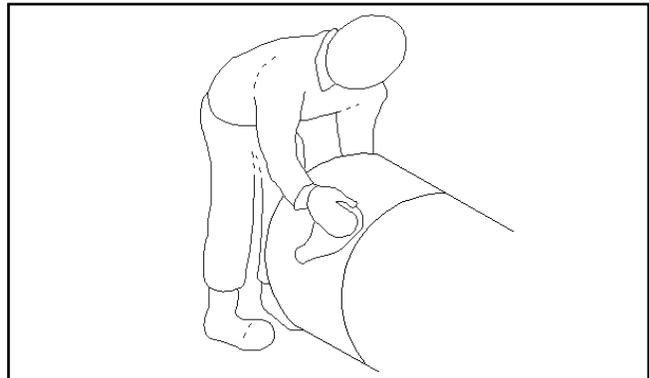


Figura 6.46 Limpieza de espigas

Es muy importante utilizar el lubricante adecuado. Nunca utilice lubricantes derivados del petróleo.

Si el cople no viene montado previamente, se debe montar en el tubo en un lugar limpio y seco antes de unir los tubos. Esto se logra colocando una abrazadera o eslinga alrededor del tubo a una distancia de 1 a 2 metros del espigo sobre el cual se realizará el montaje del acople. Asegúrese de que el espigo del tubo se ubique al menos a 100 mm sobre el nivel del suelo para evitar que se ensucie.

Presione el acople hacia el extremo del espigo del tubo en forma manual y coloque un tirante de 100 x 50mm cruzando el cople. Utilice dos tiracables o aparejos a palanca conectados entre el tirante y la abrazadera y tire del cople hasta colocarlo en posición; es decir, hasta que este alineado con la línea de ayuda (ver Figura 6.47) Los siguientes pasos (5 a 7) se aplican al montaje de tubos con abrazaderas o eslingas y tira cables o aparejos a palanca. Se pueden utilizar otras técnicas que puedan ayudar a lograr el objetivo siempre que cumplan con las indicaciones de este manual. En especial, la inserción de los extremos de los espigos del tubo se debe limitar a la línea de ayuda para montaje y se debe evitar cualquier daño al tubo y los coples.

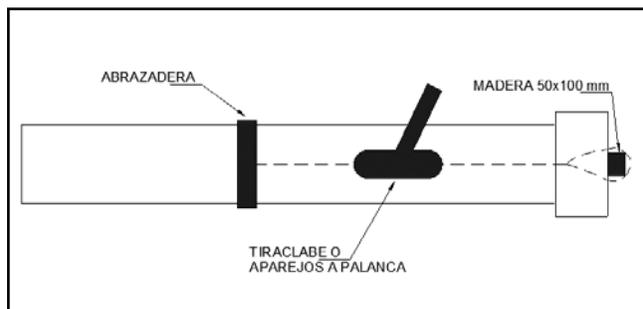


Figura 6.47 Montaje de Cople en tubo de PRFV

#### PASO 5 Colocación de la tubería

La tubería con el acople montado es alineado sobre los soportes de la tubería. Previamente se deberá sobre excavar la plantilla en la unión de la tubería (cople) para asegurar un apoyo uniforme de la misma sobre la plantilla.

#### PASO 6 Ajuste de la abrazaderas

La abrazadera (o eslinga) A se fija sobre cualquier punto del primer tubo o puede quedar posicionada desde la unión anterior. Ajuste la abrazadera (o eslinga) B sobre el tubo a ser montado en una posición conveniente (Figura 6.48). El contacto de la abrazadera con el tubo debe contar con protección para evitar daños al tubo y ejercer una resistencia de alta fricción con la superficie del tubo. Si no se dispone de abrazaderas, se pueden usar eslingas de nylon o de sogas tomándose las debidas precauciones para mantener la alineación del acople.

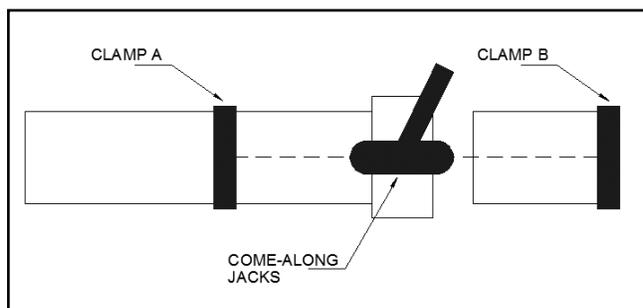


Figura 6.48 Montaje de tubo PRFV con abrazadera o eslinga

#### PASO 7 Unión de coples

Los tiracables se colocan uno a cada lado del tubo y se conectan a las abrazaderas. Luego se tira del tubo hasta colocarlo en posición dentro del cople, hasta que alcance la línea de ayuda para el montaje o toque el tope central de montaje. La abrazadera A luego se mueve hacia el próximo tubo a ser montado.

El montaje aproximado de fuerza puede ser calculado de la siguiente manera:

$$\text{Fuerzas del montaje en ton} = (\text{DN en mm}/1000) \times 2$$

#### Deflexión angular de los coples

La máxima deflexión angular en cada cople, tomando en cuenta la vertical y la horizontal combinadas, no debe exceder de los valores indicados en la Tabla 6.10. Esto puede ser utilizado para acomodar los cambios graduales en la dirección de la tubería. La alineación de los tubos, al ser unidos debe ser recta y por lo tanto deberá aplicar la deflexión angular necesaria después de ser ensamblados. La desviación máxima y su radio de curvatura se muestran en la Tabla 6.11

Figura 6.10 Deflexión angular en el cople con doble sello

Diámetro nominal del tubo (mm)	Presión (PN) en bares			
	Hasta 16	20	25	32
		Angulo de deflexión máx. (grados)		
DN ≤ 500	3.0	2.5	2.0	1.5
500 < DN ≤ 900	2.0	1.5	1.3	1.0
900 < DN ≤ 1800	1.0	0.8	0.5	0.5
DN > 1800	0.5	NA	NA	NA

Tabla 6.11 Desviación y radio de curvatura

Angulo de deflexión (grados)	Máxima desviación (mm)			Radio de Curvatura (m)		
	Longitud del tubo			Longitud del tubo		
	3m	6m	12m	3m	6m	12m
3.0	157	314	628	57	115	229
2.5	136	261	523	69	137	275
2.0	105	209	419	86	172	344
1.5	78	157	313	114	228	456
1.3	65	120	240	132	265	529
1.0	52	105	209	172	344	688
0.8	39	78	156	215	430	860
0.5	26	52	104	344	688	1376

## 6.1.4 Relleno de la zanja

Se debe llevar a cabo considerando las recomendaciones del fabricante de la tubería, ya sea ésta rígida o flexible, siguiendo los cuidados para efectuar con seguridad la prueba de hermeticidad NOM-CONAGUA-001 Vigente.

En ambos casos el relleno debe realizarse tan pronto como sea instalada y probada la tubería. De esta manera se disminuye el riesgo de que la tubería sufra algún defecto.

### 6.1.4.1 Relleno de la zanja en tuberías rígidas

El procedimiento para el relleno de la zanja en líneas de alcantarillado con tubería rígida comprende las siguientes etapas:

#### Relleno parcial en tuberías rígidas

Una vez colocada la tubería sobre la plantilla de la zanja, se llevará a cabo la prueba de hermeticidad de la instalación conforme a la norma NOM-CONAGUA-001-vigente.

Efectuada y aprobada la prueba de hermeticidad se procederá a un correcto acostillado (relleno lateral) a todo lo largo del tubo con material granular fino. Se deberá usar la herramienta adecuada para que el material quede perfectamente compactado entre la tubería y las paredes de la zanja. Para el acostillado del tubo se usará un pisón de cabeza angosta (Figura 6.49a). El relleno se continuará hasta la mitad del tubo con el mismo material granular fino compactándolo en capas que

no excedan de 15 cm de espesor utilizando un pisón de cabeza plana o un apisonador mecánico. El material utilizado se debe compactar de 88 a 93 % de la Prueba Proctor estándar.

Para verificar la compactación de los rellenos se tomarán suficientes muestras de cada tramo comprendido entre dos pozos de visita que aseguren el 100% de cumplimiento del nivel de compactación. La cantidad de muestras y el lugar donde se tomen dentro de cada tramo que se supervise será a juicio y bajo la responsabilidad de la empresa supervisora.

Si la empresa encargada de supervisar los trabajos detecta que el nivel de compactación no cumple con lo especificado, el responsable de la construcción de la obra debe determinar la causa, retirar el relleno que no cumple y repetir el trabajo de compactación hasta alcanzar el porcentaje anteriormente indicado.

#### Relleno final de tuberías rígidas

En lugares libres de tráfico vehicular, después de llevar a cabo el relleno compactado, el relleno final se realiza utilizando tierra sin cribar, pero de calidad aceptable (libre de rocas mayores a 30 centímetros).

Este relleno puede hacerse por volteo a mano ó volteo mecánico, dejando un lomo ó borde sobre el nivel del terreno para que asiente naturalmente (Figura 6.49b).

Si la excavación se hace en calles pavimentadas todo el relleno debe ser compactado de 88 a 93% de la Prueba Proctor estándar, con material cribado de la excavación o material traído de banco, como el tepetate (Figura 6.49c).

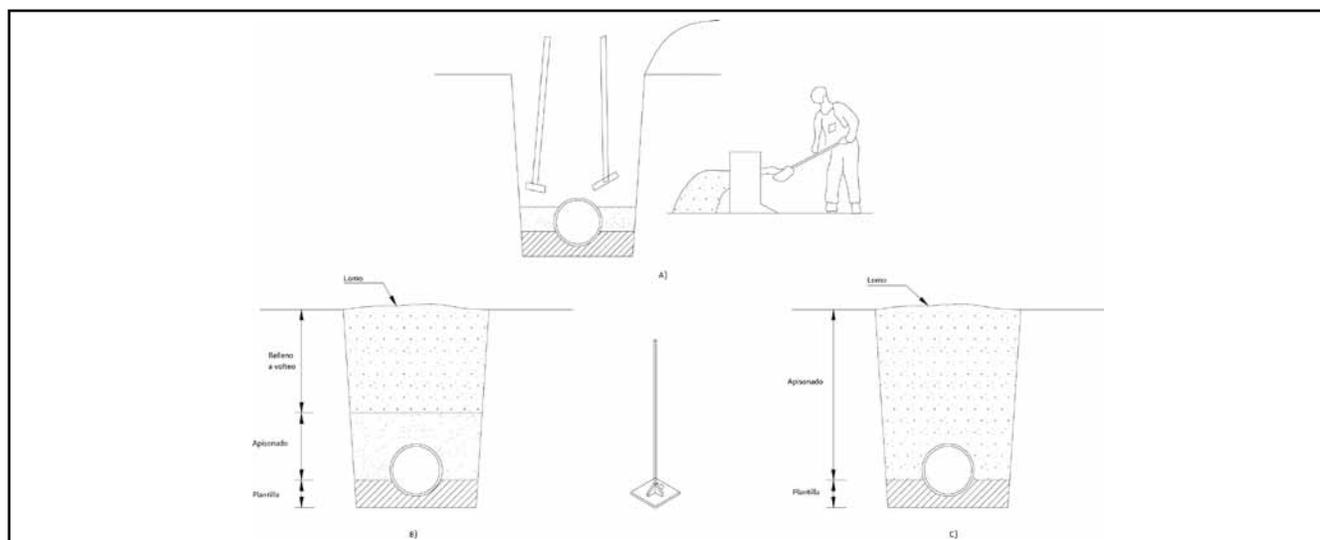


Figura 6.49 Procedimiento de relleno de zanjas

### 6.1.4.2 Relleno de la zanja en tuberías flexibles

El procedimiento para el relleno de la zanja en líneas de alcantarillado con tubería flexible comprende las siguientes etapas:

#### Relleno parcial en tuberías flexibles

Una vez colocada la tubería sobre la plantilla de la zanja, se procederá a un correcto acostillado (relleno lateral) a todo lo largo del tubo con material granular fino, dejando todas las campanas de tubos y conexiones visibles (Figura 6.50). Se deberá usar la herramienta adecuada, como un pisón de cabeza angosta (Figura 6.49a), para que el material quede perfectamente compactado entre la tubería y las paredes de la zanja. El relleno se continuará hasta una altura de 30 cm arriba del lomo de la tubería (Figura 6.50), con el mismo material granular fino compactándolo en capas que no excedan de 15 cm de espesor utilizando un pisón de cabeza plana o un apisonador mecánico.

El material utilizado se debe compactar de 88 a 93 % de la Prueba Proctor estándar.

Para verificar la compactación de los rellenos se tomarán suficientes muestras de cada tramo comprendido entre dos pozos de visita que aseguren el 100% de cumplimiento del nivel de compactación. La cantidad de muestras y el lugar donde se tomen dentro de cada tramo que se supervise será a juicio y bajo la responsabilidad de la empresa supervisora.

Si la empresa encargada de supervisar los trabajos detecta que el nivel de compactación no cumple con lo especificado, el responsable de la construcción de la obra debe determinar la causa, retirar el relleno que no cumple y repetir el trabajo de compactación hasta alcanzar el porcentaje anteriormente indicado.

Efectuado el relleno parcial se llevará a cabo la prueba de hermeticidad de la línea conforme a la norma

NOM-CONAGUA-001-Vigente. Aprobada la prueba de hermeticidad se procederá a realizar el relleno final.

#### Relleno final en tuberías flexibles

En lugares libres de tráfico vehicular, después de llevar a cabo el relleno compactado, el relleno final se realiza utilizando tierra sin cribar, pero de calidad aceptable (libre de rocas mayores a 30 centímetros).

Este relleno puede hacerse por volteo a mano ó volteo mecánico, dejando un lomo ó borde sobre el nivel del terreno para que asiente naturalmente (Figura 6.49b).

Si la excavación se hace en calles pavimentadas todo el relleno debe ser compactado de 88 a 93% de la Prueba Proctor estándar, con material cribado de la excavación o material traído de banco, como el tepetate (Figura 6.49c).

## 6.1.5 Pruebas de campo en líneas de alcantarillado construidas con tubería rígida

### 6.1.5.1 Prueba de hermeticidad

Esta prueba de campo puede realizarse desde que la tubería ha sido asentada y alineada en el fondo de la zanja y debe llevarse a cabo conforme a lo especificado en la NOM-CONAGUA-001-vigente.

## 6.1.6 Pruebas de campo en líneas de alcantarillado construidas con tubería flexible

### 6.1.6.1 Prueba de hermeticidad

Para efectuar esta prueba el relleno de la zanja debe estar compactado a una altura mínima de 30 cm sobre

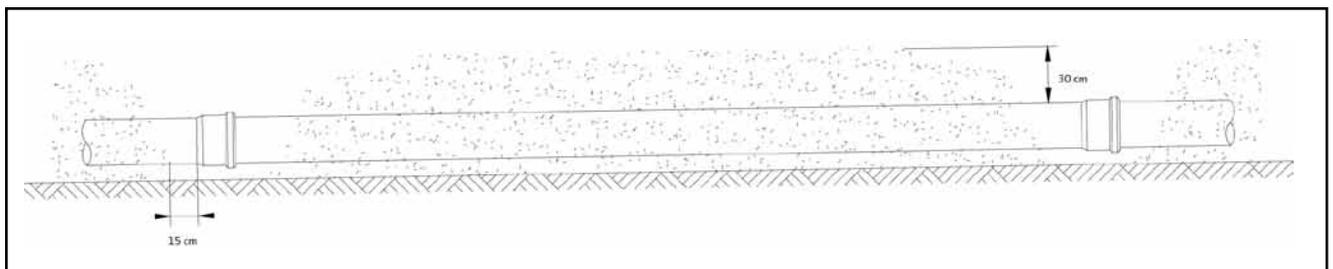


Figura 6.50 Relleno parcial de tuberías flexibles

el lomo del tubo y las campanas de tubos y conexiones descubiertas (Figura 6.50). La prueba debe llevarse a cabo conforme a lo especificado en la NOM-CONAGUA-001-vigente.

### 6.1.6.2 Prueba de flexión diametral

Una importante característica de las tuberías flexibles es su habilidad de flexionarse diametralmente, u ovalarse ante cargas, sin reducir sus propiedades mecánicas. Al recibir cargas y ovalarse un tubo flexible enterrado es capaz de transmitir parte de estas cargas hacia el material que lo rodea (Figura 6.51). Sin embargo, debe asegurarse que esta característica, medida a través del porcentaje de flexión diametral ( $\% \Delta y$ ), se mantenga dentro de valores admisibles que son el resultado de una correcta instalación, principalmente de la calidad de compactación del material del relleno y que se reflejan dentro de las primeras semanas después de que el tubo fue instalado.

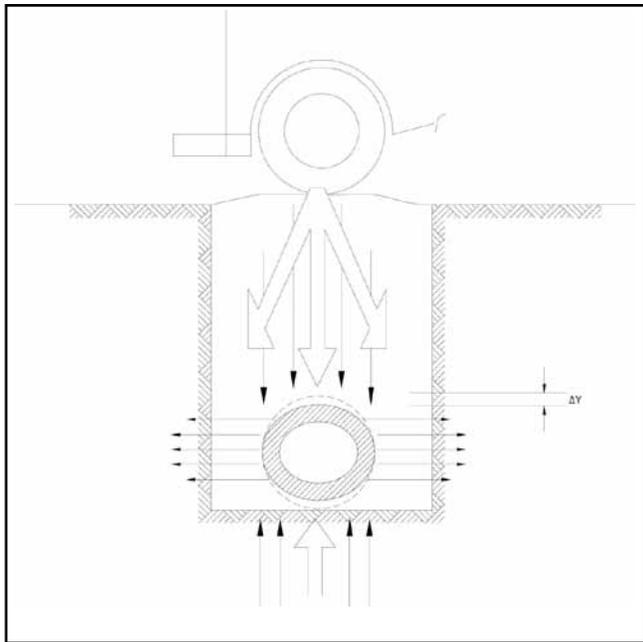


Figura 6.51 Interacción con el suelo de tuberías flexibles

El objetivo de esta prueba es entonces medir la flexión diametral que presenta un tubo recién instalado para comprobar que esté dentro del rango admisible; de no cumplirse, hacer que el responsable de la obra corrija los tramos mal instalados y su procedimiento constructivo para asegurar la calidad de la obra y evitar problemas cuando la red ya esté funcionando.

El porcentaje de flexión diametral ( $\% \Delta y$ ), se calcula de la siguiente manera:

$$\% \Delta y = \left( \frac{D - \Delta y}{D} \right) \cdot 100$$

Donde:

D es el diámetro interior del tubo sin cargas

$\Delta y$ , es el valor de la flexión diametral

$D - \Delta y$ , es igual al diámetro interior real medido físicamente en un tubo enterrado (con cargas)

De acuerdo con los procedimientos de diseño y los estudios realizados en diferentes países, una tubería plástica recién instalada puede flexionarse diametralmente hasta el 5% de su diámetro interior durante las siguientes cuatro semanas. Pasados varios meses esta flexión, considerada como la máxima permisible para ese periodo, es de 7.5% (límite de servicio), después de dos años de instalación este valor puede llegar a ser hasta del 10% y prácticamente mantenerse constante durante la vida útil del sistema.

Para la revisión de la deflexión diametral en campo existen escantillones metálicos (también llamados mandriles) de diámetro exterior igual al diámetro interior del tubo menos la flexión diametral máxima permisible, para los diferentes diámetros interiores comerciales de la tubería. Si el escantillón pasa de un extremo a otro de la línea que se prueba, la flexión diametral del tubo está dentro de sus valores admisibles. Si se atora el escantillón (y la línea no presenta otros problemas como estar desalineada), entonces el tubo está flexionado diametralmente arriba del valor permisible y deberá ser corregido el grado de compactación del relleno de la zanja.

Esta prueba es útil cuando por alguna circunstancia no fue posible supervisar la instalación de una línea o se tienen dudas sobre la calidad de los trabajos.

Además del escantillón, se utilizan cámaras de video y cuando es posible y seguro el ingreso del personal se toman medidas directamente con reglas de extensión o flexómetro.

Actualmente se desarrollan equipos electrónicos para medir con precisión las flexiones diametrales.

## 6.2 Recomendaciones de operación

En este apartado se describen las operaciones y equipos utilizados en el mantenimiento de un sistema de alcantarillado sanitario.

### 6.2.1 Mantenimiento preventivo y correctivo

Con la finalidad de mantener en buen estado de conservación un sistema de alcantarillado sanitario, resulta necesario elaborar un plan de mantenimiento preventivo, para lo cual se requiere contar con planos actualizados de las redes de alcantarillado, en donde se especifiquen diámetros, profundidades, elevaciones de los brocales, sentidos de escurrimiento y la ubicación de las descargas de aguas negras en canales, arroyos, ríos, etc.

En estos planos se deberá marcar las zonas de la red que han presentado problemas y que requieren mantenimiento preventivo o correctivo. Con esta información se podrá elaborar un programa y un presupuesto anual de mantenimiento.

El mantenimiento preventivo puede comprender las siguientes acciones:

- Inspección periódica
- Lavados
- Limpieza con equipo manual o hidroneumático
- Acarreos

#### 6.2.1.1 Desazolve con equipo manual

Deberá contemplar el tipo de tubería instalada a fin de evitar daños a la tubería, debido a que la herramienta manual básica para desazolve manual es la varilla de acero, que es resistente a los ácidos y flexible, lo que le permite ingresar a la tubería con facilidad para extraer algún tapón que la esté obstruyendo. Cada varilla mide un metro de longitud y se unen entre sí mediante coples con rótula integrada. Existen en el mercado varillas de diferentes tipos (aleaciones), espesores y longitudes. Los accesorios para el manejo de las varillas consisten en llaves, barras y manerales. Para extraer taponamientos se utilizan tirabuzones.

Para lograr un rendimiento mayor con este sistema, se utiliza la rotonda de reversión instantánea que consiste en un motor que hace girar las varillas a velocidades de hasta 125 RPM.

Un equipo para extraer todo tipo de sedimentación son las máquinas desazolvadoras accionadas con motor de gasolina o diesel, con arrancador eléctrico. Están montadas sobre un chasis de acero, provisto de tres llantas neumáticas. Cuentan con dos tambores, uno con capacidad para enrollar 304 m con un cable de acero de 13 mm, y otro para enrollar 152 m con un cable de acero de 6 mm.

Existe otro equipo semimanual llamado supersondeadora, el cual introduce automáticamente las varillas giratorias en el interior de la tubería a través de una manguera de hule con acero reforzado.

#### 6.2.1.2 Desazolve con equipo hidroneumático

Para el desazolve con este sistema, se emplea un camión provisto de tanques de agua, tanques de lodos, tubos de succión y conectores. Para su operación cuenta con un sistema eléctrico, microfiltro, sello de vacío, bomba de desplazamiento positivo (soplador), bombas de agua de triple émbolo, bombas de vacío con válvulas de alivio de presión, toma de fuerza de eje dividido, sistema de drenaje automático y seguros hidráulicos.

Para el desazolve de las tuberías, se introduce la manguera del equipo por un pozo de visita, y en seguida, se lanza el chorro de agua a alta presión para remover el taponamiento que obstruye el flujo de aguas negras. El lodo resultante se extrae por medio del tubo de succión colocado en el mismo pozo o en otro que esté aguas abajo. Dependiendo del equipo utilizado, los lodos se pueden bombear al tanque de lodos del mismo camión, o retirarlos del lugar por medio de palas, carretillas o cubetas.

#### Mantenimiento para tuberías PRFV.

El mantenimiento de tuberías PRFV puede comprender las siguientes acciones:

- a) Inspección periódica
- b) Desazolve con equipo manual en pozos de visita
- c) Limpieza con equipo manual o hidroneumático (cazales de chorro a presión)

Este tipo de mantenimiento deberá sujetarse a las siguientes recomendaciones:

- a) la presión máxima del agua en las boquillas de chorro debe ser limitada a 120 kg/cm<sup>2</sup>, bajo esta presión se puede llevar a cabo una adecuada limpieza y remoción de obstrucciones, dada la superficie interior lisa de las tuberías de prfv.
- b) Se deben usar deslizadores con varias guías para elevar las boquillas de chorro de agua sobre la superficie del tubo.
- c) El ángulo de descarga de las boquillas de chorro de agua debe ser entre 6° y 15° en relación al eje de la tubería de prfv.
- d) El número de orificios de chorro debe ser de 8 o más y la medida o diámetro de las boquillas debe ser mayor a 2.0 mm.
- e) La superficie externa del cabezal deberá ser lisa y con un peso mínimo de 4.5 kg.
- f) El largo del cabezal deberá ser mínimo de 17 cm. para tuberías de diámetros menores a 800 mm se usaran cabezales más livianos (peso de 2.5 kg)
- g) La velocidad de avance o retroceso del cabezal dentro de la tubería deberá ser menor a 30 m/s

# Bibliografía

HANDBOOK OF PVC PIPE, Design & Construction, Uni-Bell PVC Pipe, Association, 4a edición.

Proyecto de Sistemas de Alcantarillado, Araceli Sánchez Segura, Instituto Politécnico Nacional

APUNTES DE HIDRAULICA II, Gilberto Sotelo Ávila, UNAM, Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería Civil, Topografía y Geodésica, Departamento de Hidráulica.

NMX-B-177-1990.- TUBOS DE ACERO CON O SIN COSTURA, NEGROS Y GALVANIZADOS POR INMERSION EN CALIENTE.

ANSI/API SPECIFICATION 5L-04.- Specification for Line Pipe.

ANSI/API SPECIFICATION 5L / ISO 3183:2007 (Modified), Petroleum and natural gas industries- Steel pipe for pipelines transportation systems.

ISO 559.- International Standard.- Steel tubes for water and sewage

ASTM A53/A 53M – 07.- Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless.

Manual de diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.- Manual para las Instalaciones de Agua Potable, Agua Tratada, Drenaje Sanitario y Drenaje Pluvial de los Fraccionamientos y Condominios de las zonas Urbanas del Estado de Querétaro\_ CEA QUERETARO. (Coeficiente de Manning)

NRF-026-PEMEX-2008.- Protección con Recubrimientos Anticorrosivos para Tuberías Enterradas y/ó Sumergidas.

ANSI /AWWA C200-97.- Standard For STEEL WATER PIPE

ANSI / AWWA A100-97.- Standard For Water Wells.

BURIED PIPE DESIGN A.P. Moser, Second Edition (Mc. Graw Hill.- Professional Engineering)

Steel Pipe – A Guide for Design and Installation.- MANUAL OF WATER SUPPLY PRACTICES M11 \_ AWWA.

Concrete Pipe Design Manual ACPA – páginas 6-10.

Manual of Practice No. 9 ASCE WPCF – páginas 128-129.

Concrete Pipe News Vol. 6, No. 10, Oct. 1954 “El tubo de concreto resiste la abrasión”

Pedido especial de La Ciudad de Los Ángeles, Ingeniero del Municipio. Materiales para drenaje pluvial: diseño de drenaje pluvial – velocidades máximas.

# Apéndice Informativo

Normas Mexicanas aplicables		
Aplicación	Producto	Norma
Alcantarillado	Tubo pared lisa, serie inglesa	NMX-E-211/1-SCFI-2003 Industria del plástico - Tubos de poli (cloruro de vinilo) (PVC) sin plastificante con junta hermética de material elastomérico, utilizados para sistemas de alcantarillado. – Serie inglesa. - Especificaciones.
	Conexiones pared lisa, serie inglesa	NMX-E-211/2-CNCP-2005 Industria del plástico-Tubos y conexiones-Conexiones de poli(cloruro de vinilo) (PVC) sin plastificante con junta hermética de material elastomérico, utilizadas para sistemas de alcantarillado- Especificaciones
	Tubo pared lisa, serie métrica	NMX-E-215/1-SCFI-2003 Industria del plástico - Tubos de poli (cloruro de vinilo) (PVC) sin plastificante con junta hermética de material elastomérico, utilizados para sistemas de alcantarillado- Serie métrica - Especificaciones.
	Conexiones pared lisa, serie métrica	NMX-E-215/2-1999-SCFI Industria del plástico - Tubos y conexiones - Conexiones de poli (cloruro de vinilo) (PVC) sin plastificante con junta hermética de material elastomérico, serie métrica, empleados para sistema de alcantarillado – Especificaciones.
		NMX-E-222/1-SCFI-2003 Industria del plástico - Tubos de poli (cloruro de vinilo) (PVC) sin plastificante, de pared estructurada longitudinalmente, con junta hermética de material elastomérico, utilizadas en sistemas de alcantarillado – Serie Métrica – Especificaciones
		NMX-E-229-SCFI-1999 Industria del plástico - Tubos y conexiones - Tubos de poli (cloruro de vinilo) (PVC) sin plastificante de pared estructurada para la conducción de agua, por gravedad - Especificaciones.
	Tubo de pared estructurada, de concreto y fibrocemento	NMX-C-039-ONNCCE-2004 Industria de la construcción – Fibrocemento – Tubos para alcantarillado – Especificaciones y métodos de prueba
		NMX-C-401-ONNCCE-2004 Industria de la construcción – Tubos – Tubos de concreto simple con junta hermética – Especificaciones y métodos de prueba
		NMX-C-402-ONNCCE-2004 Industria de la construcción – Tubos – Tubos de concreto reforzado con junta hermética – Especificaciones y métodos de prueba

