

# MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

## ALCANTARILLADO SANITARIO

20



# MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

## ALCANTARILLADO SANITARIO

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

[www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)

Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento  
Alcantarillado Sanitario

ISBN: 978-607-626-009-8

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

Comisión Nacional del Agua  
Insurgentes Sur No. 2416 Col. Copilco El Bajo  
C.P. 04340, Coyoacán, México, D.F.  
Tel. (55) 5174-4000

Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento

Impreso y hecho en México

Distribución gratuita. Prohibida su venta.

Queda prohibido su uso para fines distintos al desarrollo social.

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

# CONTENIDO

Presentación	VII
Objetivo general	IX
Introducción al alcantarillado sanitario	XI
1. Sistema de alcantarillado	1
1.1 Red de atarjeas	2
1.1.1 Modelos de configuración de atarjeas	3
1.2 Colectores e interceptores	6
1.2.1 Emisores	6
1.2.2 Modelos de configuración para colectores, interceptores y emisores	7
2. Componentes de un sistema de alcantarillado	11
2.1 Tubería	11
2.1.1 Tubería de acero	11
2.1.2 Tubería de concreto simple (CS) y reforzado (CR) con junta hermética	14
2.1.3 Tubería de concreto reforzado con revestimiento interior (CRRRI)	16
2.1.4 Tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)	21
2.1.5 Tubería de policloruro de vinilo (PVC)	21
2.1.6 Tubería de polietileno de alta densidad (PEAD)	33
2.2 Descarga domiciliaria	35
2.2.1 Descarga domiciliaria con tubería de concreto	35
2.2.2 Descarga domiciliaria con tubería de fibrocemento	35
2.2.3 Descarga domiciliaria con tubería de policloruro de vinilo (PVC)	36
2.2.4 Descarga domiciliaria con tubería de polietileno de alta densidad (PEAD)	38
2.2.5 Descargas domiciliarias conectadas a diferentes materiales	38
2.2.6 Registro de albañal	41
2.3 Pozos de visita	42
2.3.1 Pozos de visita prefabricados	43
2.3.2 Pozos de visita construidos en el lugar	46
2.3.3 Pozos comunes	46
2.3.4 Pozos especiales	47
2.3.5 Pozos caja	49
2.3.6 Estructuras de caída	52
2.3.7 Sifones invertidos	53
2.3.8 Seguridad al introducirse en espacios confinados	59
2.4 Cruces	59
2.4.1 Cruces elevados	59
2.4.2 Cruces subterráneos con carreteras y vías de ferrocarril	60
2.4.3 Cruces subterráneos con ríos, arroyos o canales	60

2.5 Estaciones de bombeo	61
2.5.1 Cárcamo de bombeo	61
2.5.2 Subestación eléctrica	61
2.5.3 Equipo de bombeo	62
2.5.4 Motor eléctrico	62
2.5.5 Controles eléctricos	62
2.5.6 Arreglo de la descarga	62
2.5.7 Equipo de maniobras	63
3. Diseño hidráulico	65
3.1 Generalidades	65
3.1.1 Topografía	65
3.1.2 Planos	65
3.1.3 Gastos de diseño	70
3.1.4 Variables hidráulicas	72
3.1.5 Profundidades de zanjas	75
3.1.6 Obras accesorias	77
3.1.7 Estructuras de disipación de energía (caídas)	90
3.1.8 Conexiones	92
3.2 Diseño hidráulico	100
3.2.1 Fórmulas para el diseño	100
3.2.2 Análisis de flujo en conducciones abiertas	104
3.3 Modelación matemática aplicada a redes de alcantarillado sanitario	106
3.3.1 Tipos de modelos	107
3.3.2 Capacidades del modelo de simulación	108
3.3.3 Metodología básica de simulación	108
3.4 Metodología para el diseño	109
3.5 Red de atarjeas	110
3.6 Colectores e interceptores	113
3.7 Emisores	113
3.7.1 Emisores a gravedad	113
3.7.2 Emisores a presión	113
3.8 Estructura de descarga	114
3.9 Aspectos por considerar en el proyecto	114
3.10 Sitios de vertido	115
3.10.1 Vertido en corrientes superficiales	115
3.10.2 Vertido en terrenos	116
3.10.3 Vertido en el mar	116
3.10.4 Vertido en lagos y lagunas	117
3.10.5 Recarga de aguas subterráneas por medio de pozos de absorción	117

3.11 Hermeticidad	118
3.11.1 Especificaciones	118
3.11.2 Prueba de hermeticidad en campo	119
3.11.3 Prueba hidrostática	120
3.11.4 Prueba neumática (a baja presión)	122
3.12 Planos para proyecto	123
4. Ejemplo de diseño	125
4.1 Datos iniciales	125
4.2 Diseño geométrico	129
4.2.1 Trazo de la red de atarjeas	129
4.2.2 Trazo de los pozos de visita	131
4.3 Diseño hidráulico	132
4.3.1 Área de influencia y uso de suelo	132
4.3.2 Gasto de diseño	132
4.3.3 Pendiente de la tubería	136
4.3.4 Condiciones hidráulicas a tubo lleno y a superficie libre	138
4.3.5 Calculo de volúmenes de excavación y relleno	140
4.4 Diseño a través de un modelo de simulación	142
4.4.1 Definición de datos geométricos	142
4.4.2 Datos del flujo y condiciones de operación	142
4.4.3 Cálculo hidráulico	143
5. Recomendaciones de construcción y operación	147
5.1 Recomendaciones de construcción	147
5.1.1 Excavación de zanja	147
5.1.2 Plantilla o cama	151
5.1.3 Tubería de fibrocemento	152
5.1.4 Preparación del terreno	154
5.1.5 Instalación	158
5.1.6 Instalación de tubería en los emisores	162
5.1.7 Instalación de tubería para colectores y atarjeas	163
5.1.8 Inspección	168
5.2 Tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio	169
5.2.1 Recepción y descarga	169
5.2.2 Preparación del terreno	173
5.2.3 Instalación	180
5.2.4 Inspección	187
5.3 Tubería de PVC	188
5.3.1 Clasificación de los materiales	188
5.3.2 Instalación	194

5.4	Tubería de concreto	197
5.4.1	Descarga de tubería	197
5.4.2	Preparación del terreno	197
5.4.3	Instalación de tubería múltiple inducida	202
5.4.4	Hincado	202
5.4.5	Instalación	205
5.4.6	Inspección	210
5.5	Tubería de acero al carbono	212
5.5.1	Transporte y manejo	212
5.5.2	Zanjado	214
5.5.3	Cama y relleno de zanja	214
5.5.4	Procedimiento de instalación	215
5.5.5	Soldaduras de uniones (con material de aporte)	219
5.5.6	Pruebas de soldadura en laboratorio	222
5.5.7	Tipos de soldadura, diseños de junta y niples de transición	225
5.5.8	Inspección	227
5.6	Tubería de polietileno de alta densidad con refuerzo de acero	227
5.6.1	Recepción y descarga	227
5.6.2	Preparación del terreno	228
5.6.3	Instalación	229
5.7	Tubería de polietileno corrugado de alta densidad	236
5.7.1	Descarga de la tubería	236
5.7.2	Almacenamiento	236
5.7.3	Preparación del terreno	237
5.7.4	Instalación	238
5.7.5	Inspección	248
5.8	Seguridad	248
5.8.1	Recepción y descarga	248
5.8.2	Recomendaciones de operación	250
	Conclusiones	255
	Anexos	257
	A. Anexo de planos	263
	B. Glosario	295
	Bibliografía	297
	Tabla de conversiones de unidades de medida	301
	Ilustraciones	311
	Tablas	317

# PRESENTACIÓN

Uno de los grandes desafíos hídricos que enfrentamos a nivel global es dotar de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a la población, debido, por un lado, al crecimiento demográfico acelerado y por otro, a las dificultades técnicas, cada vez mayores, que conlleva hacerlo.

Contar con estos servicios en el hogar es un factor determinante en la calidad de vida y desarrollo integral de las familias. En México, la población beneficiada ha venido creciendo los últimos años; sin embargo, mientras más nos acercamos a la cobertura universal, la tarea se vuelve más compleja.

Por ello, para responder a las nuevas necesidades hídricas, la administración del Presidente de la República, Enrique Peña Nieto, está impulsando una transformación integral del sector, y como parte fundamental de esta estrategia, el fortalecimiento de los organismos operadores y prestadores de los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento.

En este sentido, publicamos este manual: una guía técnica especializada, que contiene los más recientes avances tecnológicos en obras hidráulicas y normas de calidad, con el fin de desarrollar infraestructura más eficiente, segura y sustentable, así como formar recursos humanos más capacitados y preparados.

Estamos seguros de que será de gran apoyo para orientar el quehacer cotidiano de los técnicos, especialistas y tomadores de decisiones, proporcionándoles criterios para generar ciclos virtuosos de gestión, disminuir los costos de operación, impulsar el intercambio de volúmenes de agua de primer uso por tratada en los procesos que así lo permitan, y realizar en general, un mejor aprovechamiento de las aguas superficiales y subterráneas del país, considerando las necesidades de nueva infraestructura y el cuidado y mantenimiento de la existente.

El Gobierno de la República tiene el firme compromiso de sentar las bases de una cultura de la gestión integral del agua. Nuestros retos son grandes, pero más grande debe ser nuestra capacidad transformadora para contribuir desde el sector hídrico a **Mover a México**.

**Director General de la Comisión Nacional del Agua**





## OBJETIVO GENERAL

El *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento* (MAPAS) está dirigido a quienes diseñan, construyen, operan y administran los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento del país; busca ser una referencia sobre los criterios, procedimientos, normas, índices, parámetros y casos de éxito que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en su carácter de entidad normativa federal en materia de agua, considera recomendable utilizar, a efecto de homologarlos, para que el desarrollo, operación y administración de los sistemas se encaminen a elevar y mantener la eficiencia y la calidad de los servicios a la población.

Este trabajo favorece y orienta la toma de decisiones por parte de autoridades, profesionales, administradores y técnicos de los organismos operadores de agua de la República Mexicana y la labor de los centros de enseñanza.



# INTRODUCCIÓN AL ALCANTARILLADO SANITARIO

En el desarrollo de las localidades urbanas, sus servicios suelen iniciar con un limitado abastecimiento de agua potable que va creciendo escalonadamente y con el tiempo para satisfacer sus necesidades. Como consecuencia, se presenta el problema del desalojo de las aguas servidas o aguas residuales. Se requiere entonces la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario para conducir a su destino final las aguas residuales que produce la población.

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 reuso 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, principalmente, de agua y de sólidos orgánicos e inorgánicos disueltos y en suspensión, mismos que no deben rebasar los valores establecidos en la norma oficial mexicana NOM-002-SEMAR-NAT-1996, referidos a 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 y 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 autolimpiantes, 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 el 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 topográficos, 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, construcción, operación y mantenimiento en el horizonte del proyecto.

El periodo de diseño para un sistema de alcantarillado sanitario debe definirse de acuerdo con 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 considerar la cobertura del sistema de distribución de agua potable, se debe analizar la conveniencia de programar las obras por etapas, debe haber congruencia entre los elementos que lo integran y entre las etapas que se propongan para este sistema, y debe considerarse en todo momento que la etapa construida puede entrar en operación. El diseño hidráulico debe realizarse para la condición de proyecto, 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 su operación en las mejores condiciones de flexibilidad, de acuerdo con los gastos mínimos, medios y máximos determinados a lo largo del periodo 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 esta.

Es recomendable contar con sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario independientes para garantizar la operación adecuada de ambas redes y de las plantas de tratamiento, y ser congruente con la importancia del tratamiento de las aguas residuales para su reutilización.

# 1

## SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Los sistemas de alcantarillado sanitario han sido ampliamente utilizados, estudiados y estandarizados. Son sistemas con tubería de gran diámetro 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, y 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 mayor definición y control en los parámetros de diseño, en especial del caudal, mantenimiento intensivo y, en gran medida, de la aceptación y operación del sistema dentro de las limitaciones que la comunidad pueda tener.

Los sistemas convencionales de alcantarillado se clasifican en:

- **Alcantarillado separado:** es aquel en el que se separa la evacuación de aguas residuales y las producidas por la lluvia
- **Alcantarillado sanitario:** sistema diseñado para recolectar exclusivamente las aguas residuales domésticas, comerciales e industriales
- **Alcantarillado pluvial:** sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la precipitación

- **Alcantarillado combinado:** conduce conjuntamente las aguas residuales, domésticas, comerciales e industriales, y las aguas de lluvia

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

- **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
- **Alcantarillado condominial:** son los alcantarillados que recogen las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas o manzana de viviendas, y las conduce a un sistema de alcantarillado convencional
- **Alcantarillado no convencional:** Entre estos se destacan el alcantarillado por vacío (SAV); Sistema de alcantarillado por presión (SAP) y Sistema de alcantarillado sin arrastres de sólidos (SASAS); son sistemas en los cuales se retienen los sólidos de los efluentes de la vivienda por medio de una cámara colectora o un tanque séptico; el

agua es transportada a un alcantarillado convencional o sistema de tratamiento a través de tuberías de diámetro pequeño (con respecto al del alcantarillado convencional) y son redes que trabajan a presión. En el libro de *Sistemas alternativos de alcantarillado Sanitario* del MAPAS se abordan a detalle las características y diseño de estos sistemas.

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, mediante 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 del sistema de alcantarillado de aguas residuales del de las pluviales.

En este libro se atenderán las condiciones y diseño de redes convencionales de alcantarillado sanitario. El libro *Drenaje pluvial* presenta el diseño y consideraciones para redes de drenaje pluvial, mientras que el libro *Sistemas alternativos de alcantarillado sanitario* presenta el diseño de redes de alcantarillado sin arrastre de sólidos.

## 1.1 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, interceptores o emisores. 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. Los caudales se van acumulando, lo que da lugar a ampliaciones sucesivas de la sección de los conductos en la medida en que se incrementan los caudales. Así, las mayores secciones se ubican, en el diseño, en los tramos finales de la red. Para esto no es admisible diseñar reducciones en los diámetros en el sentido del flujo.

La red se inicia con la descarga domiciliar o albañal, a partir del paramento exterior de las edificaciones. El valor mínimo aceptable del diámetro del albañal es de 150 mm, y así ocurre en la mayoría de los casos. La conexión entre albañal y atarjea debe ser hermética y cumplir con la prueba que se especifica en la NOM-001-CONAGUA-2011, la tubería de interconexión debe tener una pendiente mínima de 1 por ciento (0.01).

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 recomienda en la red de atarjeas de un sistema de drenaje separado es de 200 mm, sin embargo solo en casos particulares se puede considerar como mínimo un diámetro de 300 mm, de acuerdo con la reglamentación local y las condiciones específicas del sitio. 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, para el caudal generado por una descarga de inodoro.

La estructura típica de liga entre dos tramos de la red es el pozo de visita, que permite el acceso de personas del exterior para su inspección y maniobras de limpieza; también tiene la función de ventilar la red para eliminar los gases. Las uniones de la red de las tuberías con los pozos de visita deben ser herméticas (NOM-001-CO-NAGUA-2011).

Los pozos de visita deben localizarse en todos los cruceros, cambios de dirección, pendiente y diámetro, y para dividir tramos que exceden la máxima longitud recomendada para las maniobras de limpieza y ventilación (ver sección 2.3). Las separaciones máximas entre pozos de visita se indican en la sección 3.1.6.3.

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, siempre que éste no sea menor al del tramo anterior. 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.

### 1.1.1 MODELOS DE CONFIGURACIÓN DE ATARJEAS

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:

#### 1.1.1.1 Trazo en bayoneta

Se denomina así al trazo que inicia en una cabeza de atarjea y se desenvuelve en zigzag o en escalera (ver Ilustración 1.1)

#### **Ventajas**

Este tipo de trazo permite 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, con lo cual se logra aprovechar adecuadamente la capacidad de cada uno de los conductos

#### **Desventajas**

Dificultad en su utilización, debido a que el trazo requiere 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 debe haber una diferencia de elevación mayor de 0.50 metros entre las dos medias cañas

#### 1.1.1.2 Trazo en peine

Es el trazo que se forma cuando existen varias atarjeas con tendencia al paralelismo: empiezan su desarrollo en una cabeza de atarjea y descargan su contenido en una tubería común de mayor diámetro, perpendicular a ellas (ver Ilustración 1.2).



Ilustración 1.1 Trazo de la red de atarjeas en bayoneta

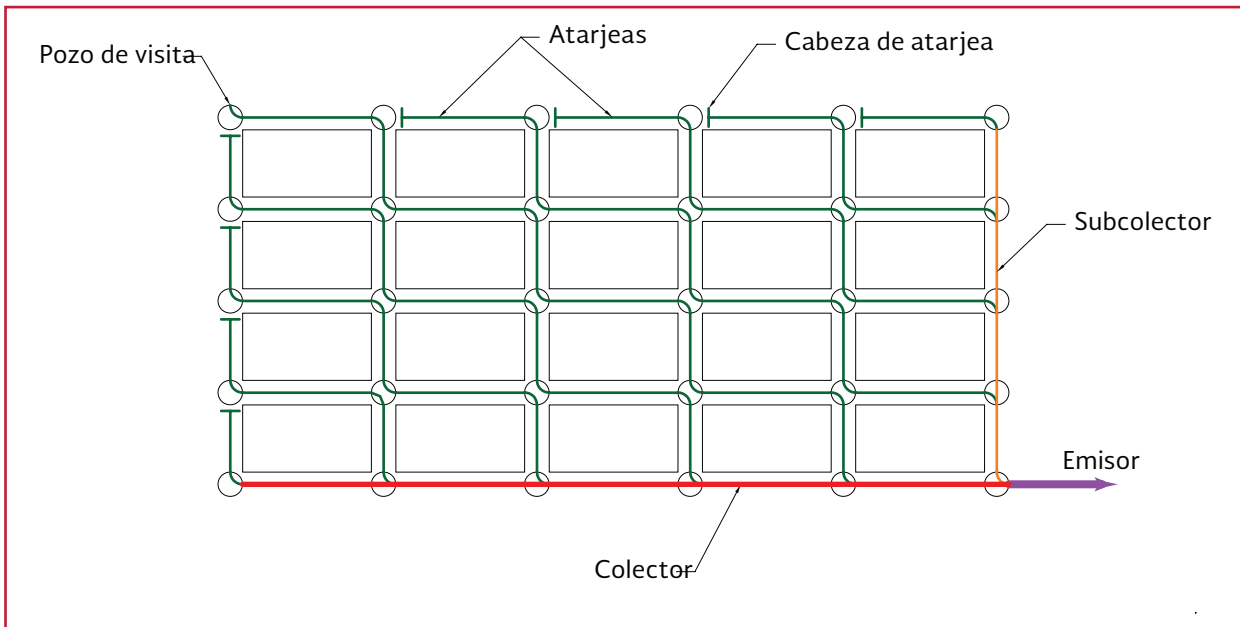
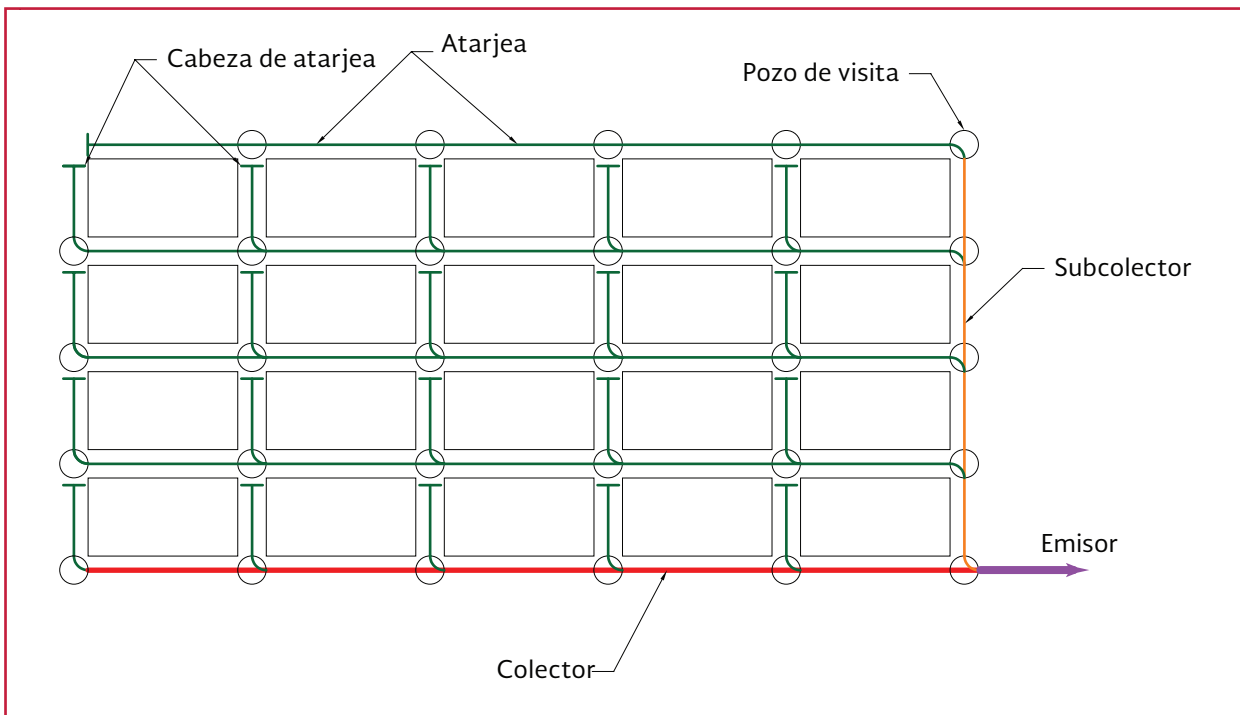


Ilustración 1.2 Trazo de la red de atarjeas en peine



Algunas ventajas y desventajas que se obtienen con este tipo de trazo son las siguientes:

### **Ventajas**

Se garantizan aportaciones rápidas y directas de las cabezas de atarjeas a la tubería común de cada peine, y de estas a los colectores, con lo que se presenta rápidamente un régimen hidráulico establecido.

Se 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 irregular.

### **Desventajas**

Debido al corto desarrollo que generalmente tienen las atarjeas iniciales antes de descargar a

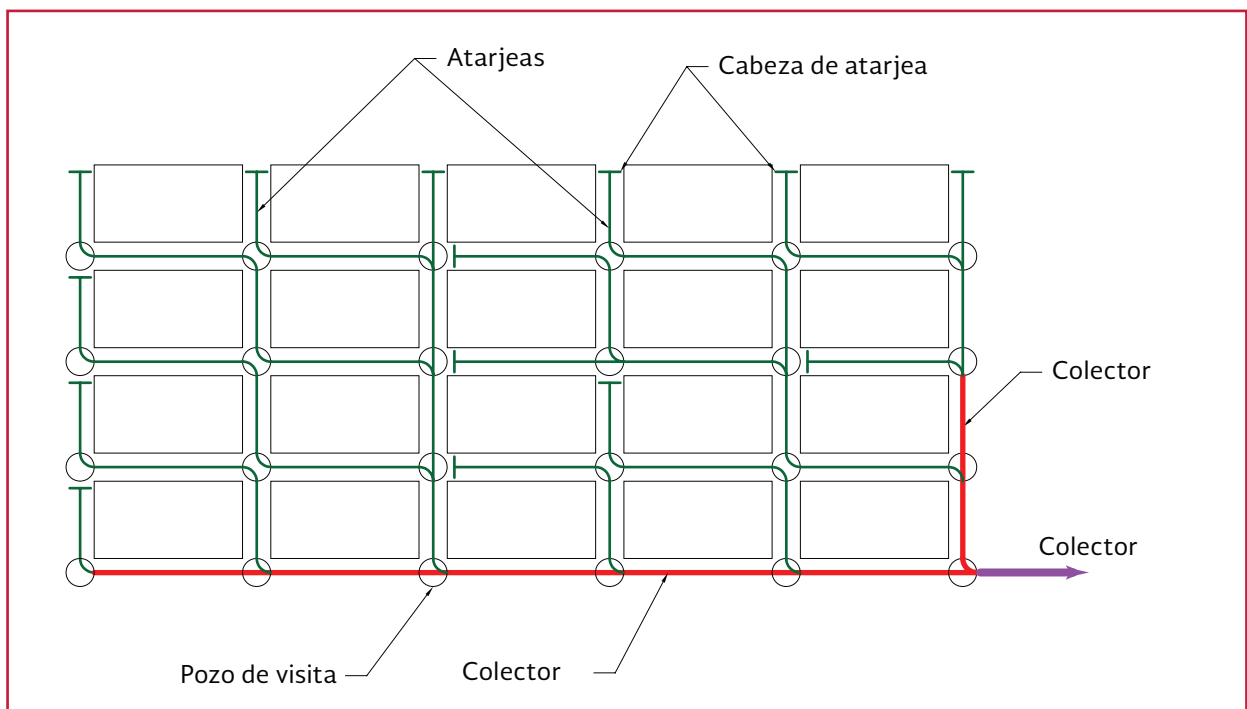
un conducto mayor, es común que trabajen por abajo de su capacidad, por lo que se desaprovecha parte de dicha capacidad.

### 1.1.1.3 Trazo combinado

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

Aunque cada tipo de trazo tiene ventajas y desventajas particulares respecto a su uso, el modelo de bayoneta tiene cierta ventaja sobre los 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 trazo, pues depende fundamentalmente de las condiciones topográficas del sitio de estudio.

Ilustración 1.3 Trazo de la red de atarjeas combinado



## 1.2 COLECTORES E INTERCEPTORES

Los colectores son las tuberías que reciben las aguas residuales de las atarjeas; pueden terminar en un interceptor, en un emisor o en la planta de tratamiento. Los interceptores son las tuberías que interceptan las aportaciones de aguas residuales de los colectores y terminan en un emisor o en la planta de tratamiento. Por razones de economía, los colectores e interceptores deben tender a ser una réplica subterránea del drenaje superficial natural.

### 1.2.1 EMISORES

El emisor es 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. También se le denomina emisor al conducto que lleva las aguas tratadas (efluente) de la planta de tratamiento al sitio de descarga o al sistema de reúso.

El escurrimiento debe ser por gravedad, excepto cuando se requiere el bombeo, es decir, para:

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

#### 1.2.1.1 Emisores a gravedad

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

#### 1.2.1.2 Emisores a presión

Cuando la topografía no permite que el emisor funcione por gravedad, en parte o en su totalidad, será necesario utilizar 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 debe ser el más corto posible dependiendo de la topografía y la traza urbana. El tramo a presión debe ser diseñado hidráulicamente, lo cual incluye estudiar las alternativas de localización, tipo y clase de tubería, así como las características de la planta de bombeo y la estructura de descarga, con el fin de elegir la opción más adecuada. Para el diseño hidráulico también se debe tomar en cuenta el control de fenómenos transitorios.

Cuando la localidad presente 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.

## 1.2.2 MODELOS DE CONFIGURACIÓN PARA COLECTORES, INTERCEPTORES Y EMISORES

Se debe seguir un modelo de configuración en el trazo de los colectores, interceptores y emisores, el cual depende fundamentalmente de:

- La topografía predominante
- El trazo de las calles
- El o los sitios de vertido
- La disponibilidad de terreno para ubicar la planta o plantas de tratamiento

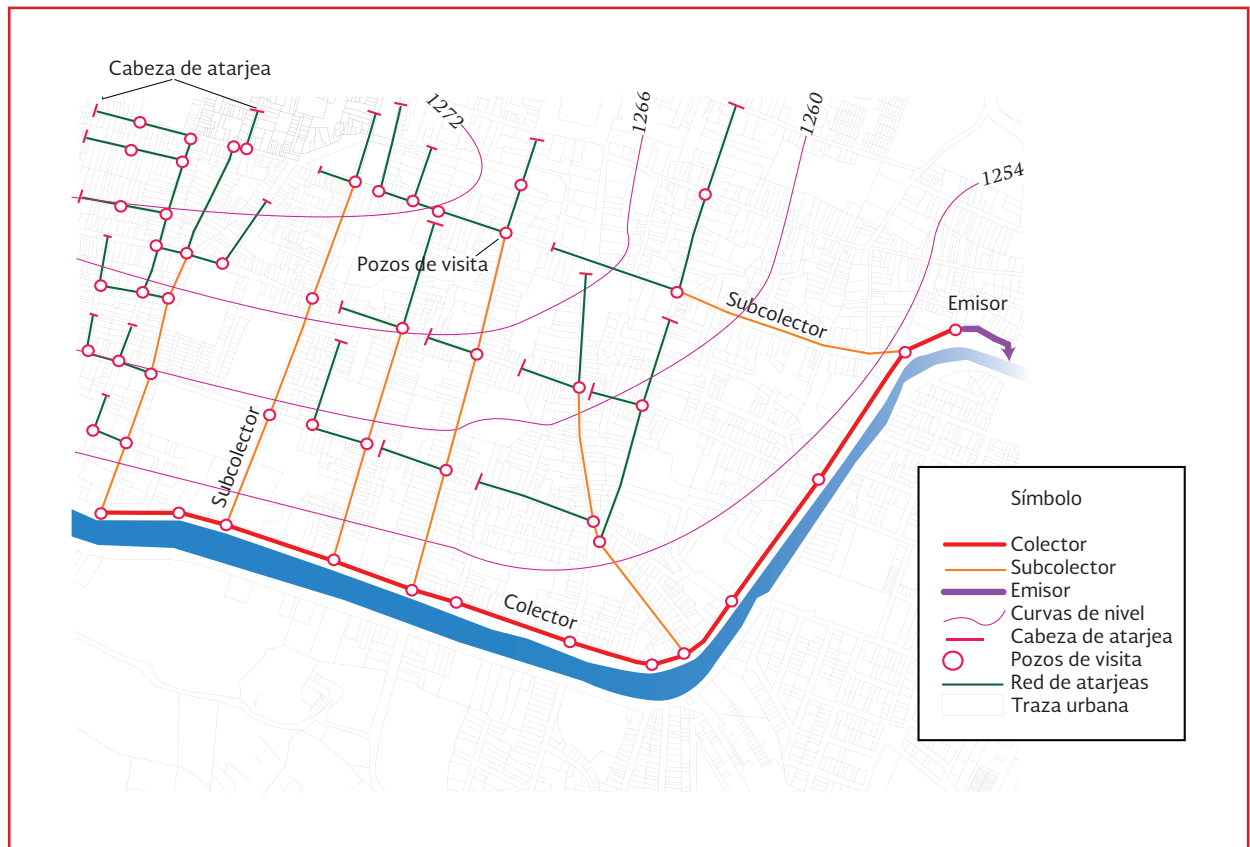
En todos los casos deben hacerse los análisis necesarios de alternativas, tanto para definir los sitios y número de bombeos a proyectar, como

el número de plantas de tratamiento y sitios de vertido, con objeto de asegurar el proyecto de la alternativa técnico-económica más adecuada; para ello se elaboran los planos generales y de alternativas. A continuación se describen los modelos de configuración más usuales.

### 1.2.2.1 Modelo perpendicular

En el caso de una comunidad paralela a una corriente, en terreno con una suave pendiente hacia esta, la mejor forma de coleccionar las aguas residuales es colocar tuberías perpendiculares a la corriente (ver Ilustración 1.4). Además, debe analizarse la conveniencia de conectar los colectores a un interceptor paralelo a la corriente, para tener el menor número de descargas.

Ilustración 1.4 Modelo perpendicular



### 1.2.2.2 Modelo radial

En este modelo, las aguas residuales fluyen en forma radial, mediante colectores, hacia fuera de la localidad (ver Ilustración 1.5).

### 1.2.2.3 Modelo de interceptores

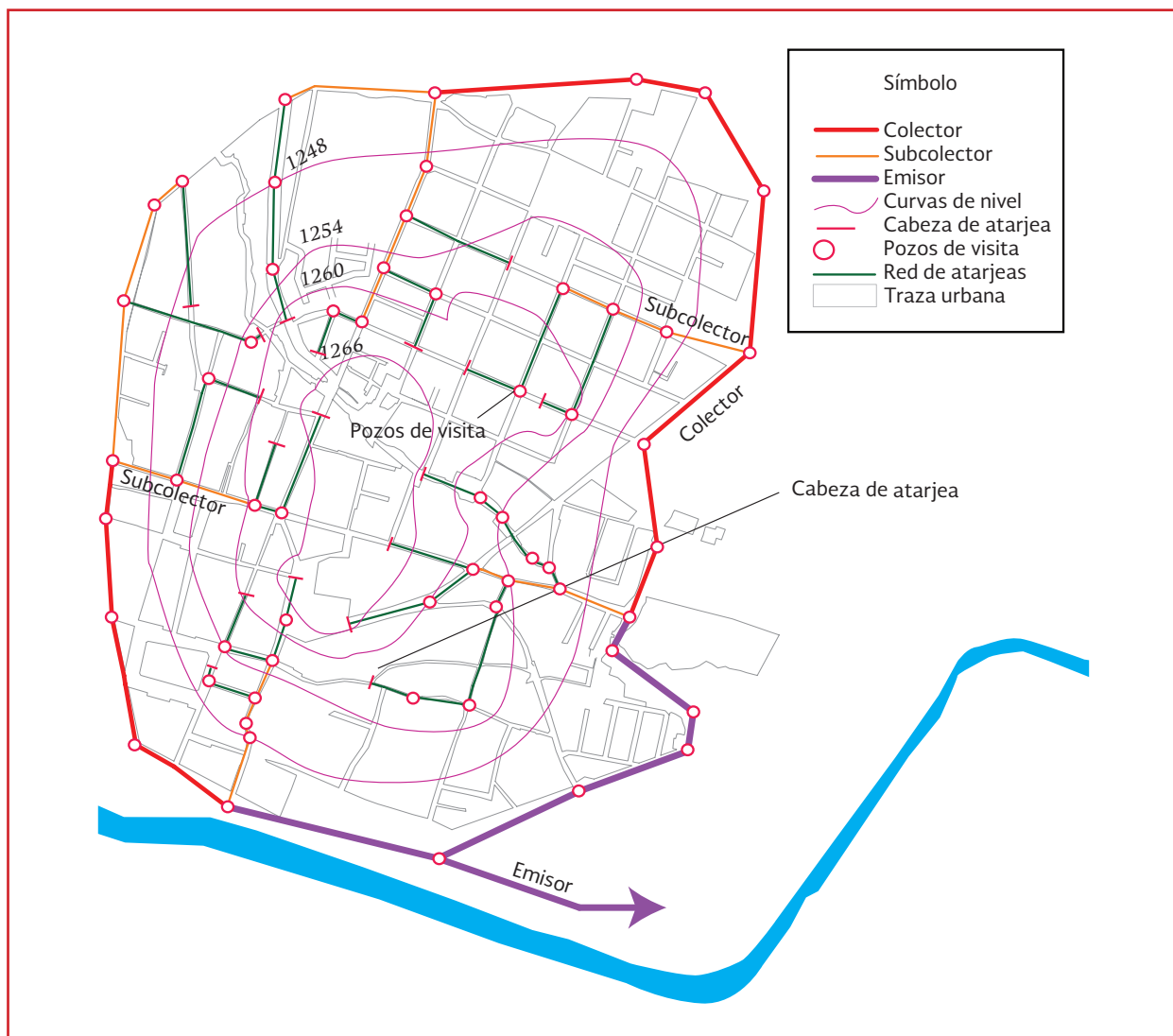
Este tipo de modelo se emplea para recolectar aguas residuales en zonas con curvas de nivel pa-

ralelas, 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 Ilustración 1.6).

### 1.2.2.4 Modelo de abanico

Cuando la localidad se encuentra ubicada en un valle, se pueden utilizar las líneas conver-

Ilustración 1.5 Modelo radial



gentes hacia una tubería principal (colector), localizada en el interior de la localidad, lo cual

implica utilizar una sola tubería de descarga (ver Ilustración 1.7).

Ilustración 1.6 Modelo de interceptores

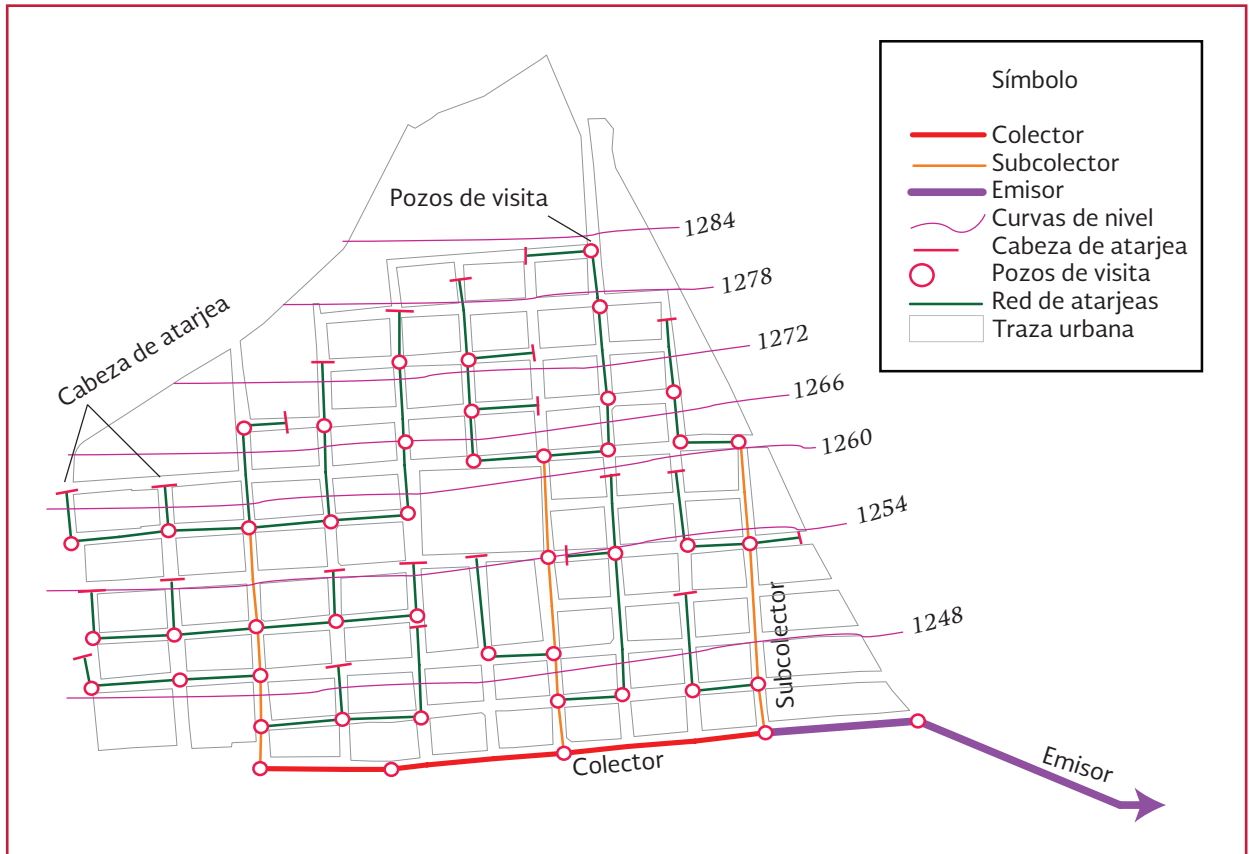
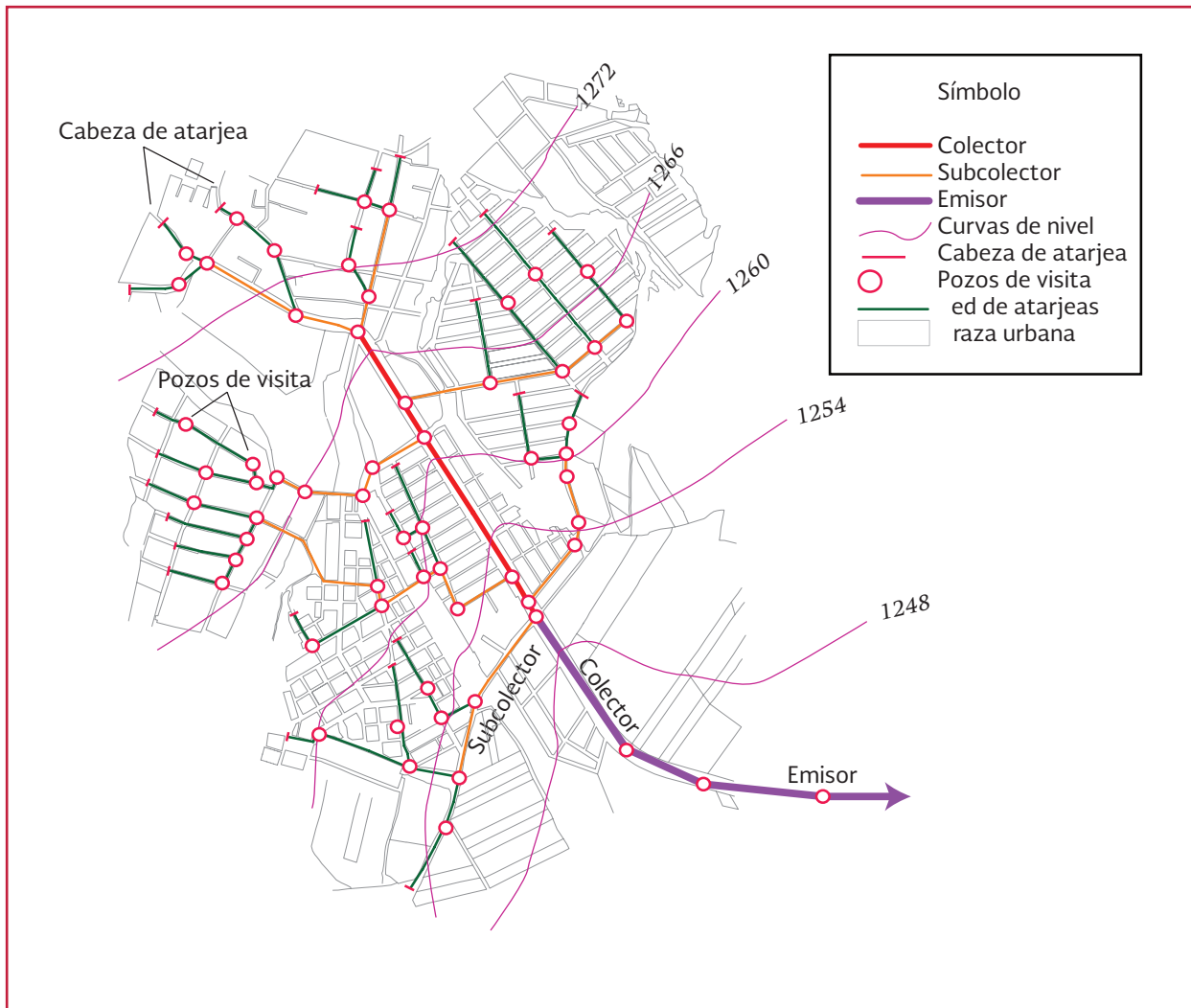


Ilustración 1.7 Modelo de abanico



# 2

## COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Una red de alcantarillado sanitario se compone de varios elementos que deben ser certificados, como: tuberías, conexiones, anillos y obras accesorias, que pueden ser: descargas domiciliarias, pozos de visita, estructuras de caída, cruzamientos especiales. 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 es, al menos, 50 años. Todos los elementos que conforman la red de alcantarillado sanitario y su instalación deben cumplir con la normatividad vigente para especificaciones de hermeticidad.

Cuando alguno de los elementos que conforman la red de alcantarillado sanitario carezca de la norma mexicana para regular su calidad, se debe asegurar que cumple 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 capítulo se hace una descripción de cada uno de los componentes de una red de alcantarillado sanitario, sus tipos y características técnicas.

### 2.1 TUBERÍA

La tubería de alcantarillado se compone de dos o más tubos acoplados mediante un sistema de unión. Los parámetros de selección del material

de la tubería de alcantarillado son: hermeticidad, resistencia mecánica, durabilidad, resistencia a la corrosión, capacidad de conducción, economía, facilidad y flexibilidad de manejo, instalación, mantenimiento y reparación.

Las tuberías para alcantarillado sanitario se fabrican de diversos materiales; los más utilizados son: concreto simple (CS), concreto reforzado (CR), fibrocemento (FC), plástico policloruro de vinilo (PVC), poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), polietileno de alta densidad (PEAD), y acero. 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 TUBERÍA DE ACERO

La información general de la tubería de acero se presenta en la Tabla 2.1. Las características específicas para cada tubería las proporciona el fabricante; a manera de ejemplo, la Tabla 2.2 presenta esta información.



Tabla 2.1 Información general de la tubería de acero

Tipo de tubo	Norma aplicable	Diámetro nominal	Sistema de unión	Longitud de tramo
		mm		m
Sin costura	NMX-B-177	60.3 a 508	Soldadura	14.5 máx.
	ASTM A 53/A			
Con costura recta (longitudinal)	NMX-B-177	50 a 600	Soldadura, bridas, coples o ranuras (moldeadas o talladas) con junta mecánica	6.15 a 12.30
	NMX-B-184			
	ISO 3183 (API 5L)			
	Grados B X42 hasta X60			
	ASTM A 53/A Y B			
Costura helicoidal	AWWA C 200	219 a 3048	Soldadura, bridas, coples o ranuras (moldeadas o talladas) con junta mecánica	6 a 13
	NMX-B-177			
	NMX-B-182			
	ISO 3183 (API 5L)			
	ASTM A 53/A			
	ASTM A 134			
AWWA C 200				

Tabla 2.2 Información específica de la tubería de acero

Diámetro nominal	Diámetro exterior	Espesor	Diámetro interior	Peso teórico	Módulo elástico de la sección	Rigidez
mm	mm	mm	mm	kg/m	cm <sup>4</sup>	MPa
50	60.3	3.91	52.48	5.44	9.18	307.93
		4.78	50.74	6.54	10.73	589.48
		5.54	49.22	7.48	11.97	957
		6.35	47.6	8.45	13.17	1506.19
		7.14	46.02	9.36	14.28	2238.07
65	73	3.96	65.08	6.74	14.07	174.31
		4.37	64.26	7.4	15.26	238.47
		4.78	63.44	8.04	16.41	317.75
		5.16	62.68	8.63	17.43	406.47
		5.49	62.02	9.14	18.29	496.76
		6.35	60.3	10.44	20.41	798.83
		7.01	58.98	11.41	21.92	1107.27
80	88.9	4.78	79.34	9.92	25.22	169.48
		5.49	77.92	11.29	28.27	263.39
		6.35	76.2	12.93	31.75	420.44
		7.14	74.62	14.4	34.74	615.19
		7.62	73.66	15.27	36.47	761.11
100	114.3	5.56	103.18	14.91	49.25	123.48
		6.02	102.26	16.07	52.68	158.74
		6.35	101.6	16.9	55.08	188.01
		7.14	100.02	18.87	59.21	273.23
		7.92	98.46	20.78	65.88	381.18
		8.56	97.18	22.32	70	490.05

Tabla 2.2 Información específica de la tubería de acero (continuación)

Diámetro nominal	Diámetro exterior	Espesor	Diámetro interior	Peso teórico	Módulo elástico de la sección	Rigidez
mm	mm	mm	mm	kg/m	cm <sup>4</sup>	MPa
125	139.7	4.78	130.14	16.09	66.08	41.08
		5.56	128.58	18.61	75.58	65.78
		6.55	126.6	21.77	87.14	107.46
		7.14	125.42	23.62	93.78	144.34
		7.92	123.86	26.05	102.27	200.52
		8.74	122.22	28.57	110.85	274.57
		9.52	120.66	30.94	118.71	361.25
150	168.3	4.78	158.74	19.27	97.62	23.07
		5.56	157.18	22.31	111.96	36.84
		6.35	155.6	25.36	126.06	55.68
		7.11	154.08	28.26	139.23	79.27
		7.92	152.46	31.32	152.84	111.24
		8.74	150.82	34.39	166.18	151.81
		9.52	149.26	37.28	178.48	199.09
200	219.1	4.78	209.54	25.26	168.76	10.25
		5.16	208.78	27.22	181.23	12.96
		5.56	207.98	29.28	194.2	16.31
		6.35	206.4	33.31	219.39	24.56
		7.04	205.02	36.31	240.92	33.8
		7.92	203.26	41.42	267.64	48.72
		8.18	202.74	42.55	275.55	53.88
		8.74	201.62	45.34	292.15	66.25
		9.52	200.06	49.2	314.8	86.58
		10.31	198.48	53.08	337.2	111.22
		11.13	196.84	57.08	359.9	141.59
		12.7	193.7	64.64	401.81	215.19

La rigidez se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$R = \frac{6.7 EI_{Pared}}{r^3} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

donde:

- E = Módulo de elasticidad de Young
- R = Rigidez de la tubería
- $I_{Pared}$  = Momento de inercia de la sección transversal de la pared de la tubería por unidad de longitud (b), en cm<sup>4</sup> / cm = cm<sup>3</sup>
- r = Radio promedio de la tubería, cm

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

El recubrimiento exterior puede ser un recubrimiento anticorrosivo, hecho a base de resina epóxica, adherida por fusión (*FBE, Fusion Bonded Epoxic*), que cumple con las Normas CAN/CSA Z245.20, AWWA C-213 y NRF-026-PE-MEX. Certificación: API Especificación Q1, ISO 9001:2008.

Otro recubrimiento es el anticorrosivo exterior tri-capa a base de polietileno (*3LPE, Three Layer Polyethylene*), que cumple con las normas CAN/CSA

Z245.21, DIN 30670 y NRF-026-PEMEX. Certificación: API Especificación Q1, ISO9001:2008.

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 el exterior de tuberías de acero, de acuerdo con 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 periodos de tiempo, de los ductos de tubería de acero enterrados en el subsuelo. Además de usar recubrimientos que funcionan como protección pasiva, es necesario usar protección catódica o activa.

#### 2.1.1.2 Protección catódica

Los sistemas de protección catódica invierten la fuerza electroquímica corrosiva y crean un circuito externo entre el ducto a ser protegido y un ánodo auxiliar (metal de sacrificio), inmerso en agua o 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 por el electrolito circundante a la superficie de la tubería (cátodo).

### 2.1.2 TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE (CS) Y REFORZADO (CR) CON JUNTA HERMÉTICA

Las tuberías de concreto simple con junta hermética se fabrican de acuerdo con las es-

pecificaciones de la norma mexicana NMX-C-401-ONNCCE-2011, en donde se detalla la calidad de los materiales.

Las tuberías de concreto reforzado con junta hermética se fabrican de acuerdo con la norma mexicana NMX-C-402-ONNCCE-2011. A diferencia del tubo de concreto simple, su núcleo contiene acero de refuerzo longitudinal y transversal.

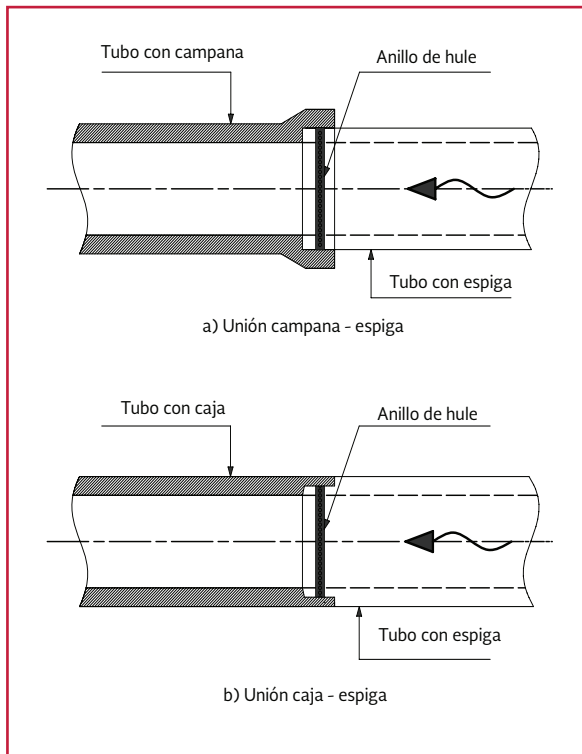
Los tubos de concreto simple se fabrican en diámetros de 100, 150, 200, 250, 300, 380, 450 y 600 mm, con campana y espiga, y tienen una longitud útil variable de acuerdo con el diámetro (tipos de uniones en tuberías de concreto).

Las uniones usadas en las tuberías de concreto simple son del tipo espiga-campana con junta hermética. En la junta se deben utilizar anillos de hule, acordes con la norma mexicana NMX-C-401-ONNCCE-2011 (ver Ilustración 2.1a)

Los tubos de concreto reforzado se fabrican en diámetros de 300, 380, 450, 610, 760, 910, 1 070, 1 220, 1 520, 1 830, 2 130, 2 440 y 3 050 mm. La longitud útil de un tubo de concreto reforzado es variable de acuerdo con su diámetro. Los tubos de concreto reforzado se fabrican en cuatro tipos de grados y cada uno de ellos con tres espesores de pared de acuerdo con la norma (ver Tabla 2.3 y Tabla 2.4)

Las uniones usadas en las tuberías de concreto reforzado son del tipo espiga-campana con junta hermética para diámetros de hasta 610 mm. En diámetros de 450 a 3 050 mm, se utilizan juntas espiga-caja con junta hermética. En las juntas se deben utilizar anillos de hule, de acuerdo con la norma mexicana NMX-C-402-ONNCCE-2011 (ver Ilustración 2.1b).

Ilustración 2.1 Tipos de uniones en tuberías de concreto



Las ventajas de los tubos de concreto incluyen:

- Economía. Bajo costo de adquisición y mantenimiento
- Hermeticidad. El empleo de la junta hermética con anillo de hule impide infiltraciones de agua y contaminación debido a exfiltraciones
- Diversidad en diámetros mayores. Se suministran diámetros de hasta 3.05 m
- Durabilidad. Larga vida útil de las tuberías
- Alta resistencia mecánica. Resistencia especialmente a cargas externas

Entre sus desventajas se tienen:

- Fragilidad. Los tubos requieren cuidados adicionales durante su transporte e instalación

Tabla 2.3 Clasificación de tubos de concreto reforzado con base a su capacidad de resistir cargas externas

Grado	Resistencia mínima del concreto a los 28 días	Carga para producir la 1ra grieta de 0.25 mm kg/(m mm)	Carga de ruptura kg/(m mm)
1	280*	5.1	7.6
2	280*	7.1	10.2
3	350	9.8	14.7
4	420	14.3	18.3

\* 350 para diámetro 2 130 mm y mayores

Tabla 2.4 Tipos de uniones en tuberías de concreto

Diámetro		Espesor de pared	Carga mínima de ruptura			
Nominal	Real		Resistencia mínima del concreto			
			Grado 1 27.6 MPa (280 kg/cm <sup>2</sup> )		Grado 2 34.5 MPa (350 kg/cm <sup>2</sup> )	
mm	mm	mm	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	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

- Capacidad de conducción. La tubería de concreto presenta un coeficiente de rugosidad alto, lo que la hace menos eficiente hidráulicamente
- Corrosión cuando se encuentra en condiciones ácidas o alcalinas

Los requisitos de diseño que deben cumplir los tubos de concreto reforzado se presentan en las Tabla 2.5, Tabla 2.6, Tabla 2.7 y Tabla 2.8, para la prueba de tres apoyos y una grieta de 0.25 mm.

### 2.1.3 TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO CON REVESTIMIENTO INTERIOR (CRR)

La tubería de concreto reforzado con revestimiento interior (CRR) se fabrica bajo las mismas especificaciones que aparecen en las tablas sobre tubo de concreto reforzado, y bajo

la norma NMX-C-402-2011-ONNCCE. Este puede tener revestimiento interior de PVC (policloruro de vinilo) o de PEAD (polietileno de alta densidad). El espesor mínimo del revestimiento deberá ser de 1.5 mm para ambos materiales y los tramos del tubo deberán unirse por los extremos interiores con una banda de unión y soldadura, ya sea por termofusión, en caso del PVC, o extrusión para el PEAD. El recubrimiento protege al concreto contra el desgaste en ambientes altamente corrosivos. Este revestimiento se ancla mecánicamente al concreto, al momento de su fabricación, mediante unas anclas adheridas a la lámina plástica; el concreto queda ahogado en dicho anclaje, cuya forma puede variar dependiendo del fabricante. Se puede especificar este recubrimiento a 360 grados o menos; la parte interna inferior puede quedar al descubierto cuando los métodos de limpieza y desazolve así lo requieran (ver Ilustración 2.2).

Ilustración 2.2 Tubería de concreto reforzado con revestimiento interior (CRR)

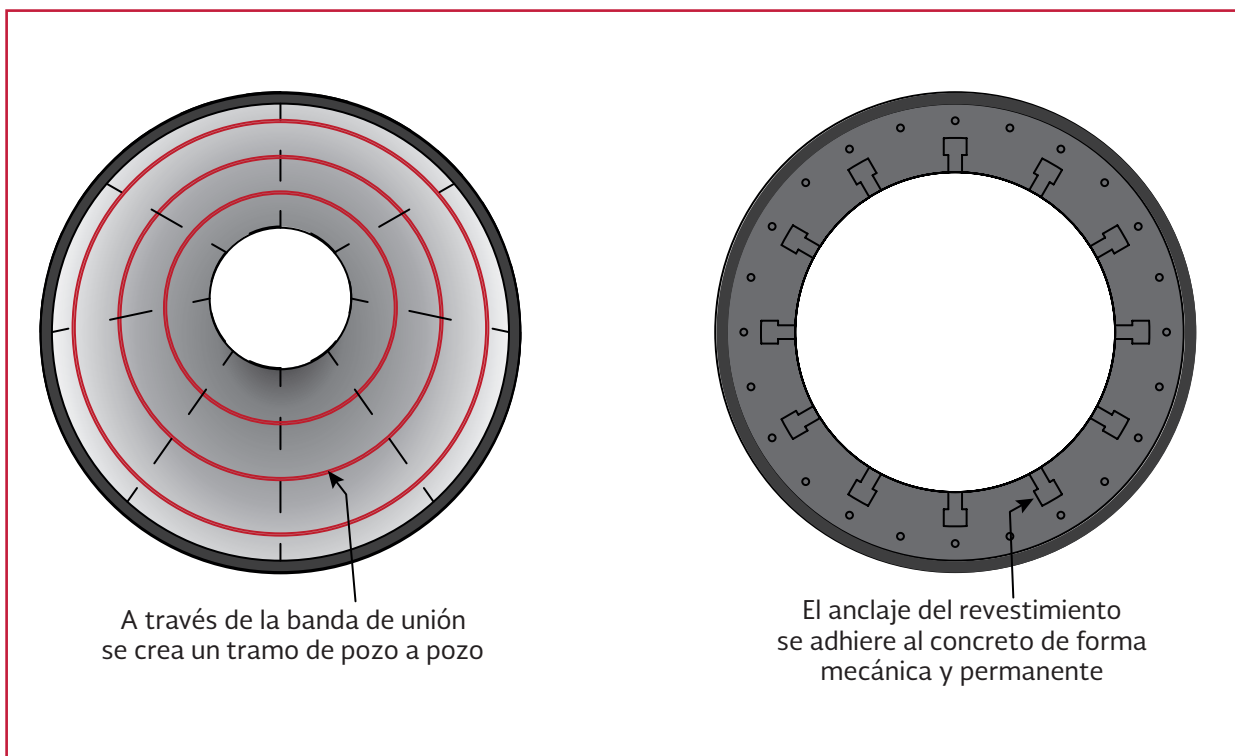


Tabla 2.5 Requisitos de diseño para tubos de concreto reforzado Grado 1

Diámetro		Pared A				Pared B				Pared C				Resistencia por el método de los tres apoyos			
		Espesor de pared		Reforzo circular		Espesor de pared		Reforzo circular		Espesor de pared		Reforzo circular				Carga para grieta	Carga máxima
		Nom	Real	cm <sup>2</sup> /m	Jaula	cm <sup>2</sup> /m	Jaula	mm	interior	exterior	cm <sup>2</sup> /m	Jaula	mm	interior	exterior		
300	305	44	1.5	1.5	1.5	1.5	51	1.5	1.5	1.5	51	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2318
380	381	47	1.5	1.5	1.5	1.5	57	1.5	1.5	1.5	57	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2896
450	457	51	1.5	1.5	1.5	1.5	63	1.5	1.5	1.5	63	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	3473
610	610	63	2.8	2.8	2.3	2.3	76	1.5	1.5	1.5	76	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	4636
760	762	70	3.2	3.2	3	3	89	3	3	3	89	3	3	3	3	3	5791
910	914	76	3	2.1	3.2	3.2	101	2.5	1.9	2.8	120	1.48	1.48	1.69	1.69	1.69	6946
1070	1067	89	3.4	2.5	3.8	3.8	114	3.2	2.5	3.6	133	2.12	1.69	2.33	2.33	2.33	8109
1220	1219	101	4.4	3.4	4.9	4.9	127	3.8	3	4.2	146.1	2.96	2.33	3.17	3.17	3.17	9264
1370	1371	114	5.3	3.2	5.9	5.9	140	4.7	2.7	5	1587	3.6	2.12	4.02	4.02	4.02	10419
1520	1524	127	6.4	4.7	7	7	152	5.3	4	5.9	171.5	4.65	3.6	5.08	5.08	5.08	11582
1830	1829	152	8.7	6.4	9.5	9.5	178	7.4	5.5	8.3	196.9	6.35	4.87	6.98	6.98	6.98	13900
2120	2134	178	10.8	8.3	12.1	12.1	203	9.7	7.2	10.3	203	9.7	7.2	10.3	10.3	10.3	16218
<b>Resistencia del concreto 34 MPa (f'c= 350 kg/ cm<sup>2</sup>)</b>																	
2120	2134	178	10.8	8.3	12.1	12.1	203	9.7	7.2	10.3	203	9.7	7.2	10.3	10.3	10.3	16218
2440	2538	203	13.1	10.0	14.6	14.6	228	12.1	9.1	13.3	228	12.1	9.1	13.3	13.3	13.3	18529
3050	3048	279	17.8	13.1	20.3	20.3	279	17.8	13.1	20.3	279	17.8	13.1	20.3	20.3	20.3	21218

Tabla 2.6 Requisitos de diseño para tubos de concreto reforzado Grado 2

Diámetro		Pared A				Pared B				Pared C				Resistencia por el método de los tres apoyos	
		Espesor de pared		Reforzo circular		Reforzo elíptico		Espesor de pared		Reforzo circular		Reforzo elíptico		Carga para grieta	Carga máxima
Nom	Real	mm	Jaula	cm <sup>2</sup> /m	Jaula	cm <sup>2</sup> /m	Jaula	cm <sup>2</sup> /m	mm	Jaula	cm <sup>2</sup> /m	Jaula	cm <sup>2</sup> /m	kgf/m	kgf/m
mm	mm	mm	interior	exterior	interior	exterior	interior	exterior	mm	interior	exterior	interior	exterior	kgf/m	kgf/m
300	305	44	1.5	-----	-----	-----	51	1.5	-----	-----	-----	-----	-----	2165	3111
380	381	49	1.5	-----	-----	-----	57	1.5	-----	-----	-----	-----	-----	2705	3886
450	457	51	1.5	-----	1.5	-----	63	1.5	-----	1.5	-----	-----	-----	3244	4661
610	610	63	3.6	-----	3	-----	76	1.5	-----	1.5	-----	-----	-----	4331	6222
760	762	70	4	-----	3.8	-----	89	3.8	-----	3.2	-----	-----	-----	5410	7772
910	914	76	4.4	3.4	4.7	3.4	101	3.6	2.8	4	120.7	1.69	1.48	6489	9322
1070	1067	89	5.3	4	5.9	4.4	114	4.4	3.4	4.9	133.4	2.54	1.9	7576	10883
1220	1219	101	6.8	5.1	7.4	5.1	127	5.1	3.8	5.7	146.1	3.39	2.54	8655	12434
1370	1371	114	8.4	6.05	8.89	6.14	140	6.14	4.6	6.77	159	4.45	3.28	9734	13948
1520	1524	127	9.3	7	10.4	7.2	152	7.2	5.5	8	171.5	5.29	4.02	10820	15545
1830	1829	152	12.1	9.1	13.3	10.4	178	10.4	7.8	11.4	-----	-----	-----	12986	18655
<b>Resistencia del concreto 34 MPa (f'c= 350 kg/ cm<sup>2</sup>)</b>															
2310	2134	178	15.2	11.4	16.9	14.6	203	14.6	11.0	17.3	-----	-----	-----	15151	21787
2440	2438	203	19.7	14.8	21.8	16.1	229	16.1	12.1	17.8	-----	-----	-----	17310	24368
3050	3048	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tabla 2.7 Requisitos de diseño para tubos de concreto reforzado Grado 3

Diámetro		Pared A						Pared B						Pared C						Resistencia por el método de los tres apoyos		
		Espesor de pared		Refuerzo circular		Refuerzo		Espesor de pared		Refuerzo circular		Refuerzo		Espesor de pared		Refuerzo circular		Refuerzo				
		Norm	Real	mm	mm	cm <sup>2</sup> /m	Jaula	Jaula	exterior	cm <sup>2</sup> /m	elíptico	cm <sup>2</sup> /m	mm	mm	cm <sup>2</sup> /m	Jaula	Jaula	exterior	cm <sup>2</sup> /m	elíptico	cm <sup>2</sup> /m	kgf/m
300	305	44	44	3.2	-----	-----	-----	-----	-----	-----	51	51	1.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	2989	4483
380	381	47	47	3.4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	57	57	2.1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	3733	5600
450	457	51	51	3.6	-----	-----	-----	-----	-----	-----	63	63	3	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	4479	6718
610	610	63	63	6.1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	76	76	5.7	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	5978	8967
760	762	70	70	8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	89	89	7.4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	7468	11201
910	914	a	a	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	101	101	6.3	4.7	4.7	7	7	2.96	2.12	3.17	8957	13436
1070	1067	a	a	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	114	114	7.4	5.5	5.5	8.3	8.3	4.23	3.17	4.65	10457	15685
1220	1219	a	a	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	127	127	8.9	6.8	6.8	9.9	9.9	5.5	4.23	6.14	11946	17919
1370	1371	a	a	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	140	140	10.58	6.35	6.35	11.64	11.64	7.2	4.23	8.04	13436	20154
1520	1524	a	a	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	152	152	12.5	9.5	9.5	14	14	8.67	7.4	9.73	14935	22403
1830	1529	a	a	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	178	178	16.7	12.7	12.7	18.6	18.6	12.91	9.73	14.39	17924	26566



Tabla 2.8 Requisitos de diseño para tubos de concreto reforzado Grado 4

Diámetro		Pared A				Pared B				Pared C				Resistencia por el método de los tres apoyos					
		Espesor de pared		Reforzo circular		Reforzo circular		Reforzo		Espesor de pared		Reforzo circular		Reforzo		Carga para grieta	Carga máxima		
Nom	Real	mm	Jaula	cm <sup>2</sup> /m	elíptico	cm <sup>2</sup> /m	Jaula	cm <sup>2</sup> /m	elíptico	mm	Jaula	cm <sup>2</sup> /m	elíptico	mm	interior	exterior	cm <sup>2</sup> /m	kgf/m	kgf/m
300	305	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	51	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	4483	5581
380	381	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	57	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	5600	6972
450	457	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	63	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	6717	8363
610	610	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	76	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	8967	11163
760	762	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	89	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	11201	13944
910	914	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	101	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	13435	16726
1070	1067	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	114	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	15685	19526
1220	1219	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	127	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	17919	22307
1370	1371	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	140	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	20153	25089
1520	1524	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	22403	27889
1830	1829	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	26886	33470
2130	2134	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	31369	39052
2440	2438	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	35838	44615
3050	3048	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	44805	55778

#### 2.1.4 TUBERÍA DE POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (PRFV)

Se presenta en dos tipos:

1. Tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio para sistemas a presión de alcantarillado sanitario e industrial, que debe cumplir con la norma NMX-E-254/1-CNCP. Tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio para uso en sistemas de alcantarillado a gravedad (flujo libre) que deben cumplir con NMX-E-254/2-CNCP. Para estos tipos de tuberías se tienen 4 sistemas de unión:

- Sistema de acoplamiento (unión mediante cople de doble empaque tipo reka)
- Sistema de unión rígida (bridas, juntas mecánicas Viking Johnson, Dresser)
- Sistema de unión flexible (juntas mecánicas Straub, Teekay, Arpol)
- Sistema de unión por laminación directa
- Se presenta en diámetro nominal de 300 a 3 000 mm y la longitud puede ser la requerida de acuerdo con el proyecto, pero también se tienen medidas comerciales de 3.0 m, 6.0 m y 12.0 metros

#### 2.1.5 TUBERÍA DE POLICLORURO DE VINILO (PVC)

Las tuberías de PVC se fabrican en diámetros de 100 a 600 mm, en dos tipos de serie y cada se-

rie con tres tipos de tubería, de acuerdo con su espesor: la serie métrica se fabrica en consonancia con las normas NMX-E-215/1-CNCP-2012 (tuberías) y NMX-E-215/2-CNCP-2012 (conexiones) en los tipos serie 16.5, 20 y 25 ; por su parte, la serie inglesa se fabrica según las normas NMX-E-211/1-SCFI-2003 (tuberías) y NMX-E-211/2-CNCP-2005 (conexiones) en los tipos rd 35, 41 y 51. Estos valores con que se clasifican las tuberías representan la relación entre su diámetro exterior y su espesor de pared. La Tabla 2.9 presenta las características principales de los tipos de tuberías mencionados.

Además de estos tipos de tuberías, existe la tubería de PVC de pared estructurada con celdas longitudinales (ver Ilustración 2.3), que actualmente se fabrica en diámetros de 160 a 315 mm, de acuerdo con la norma mexicana NMX-E-222/1-SCFI-2003.

La selección de tipos de tuberías a utilizar dependerá de las condiciones en que se instalarán, como el peso específico del suelo, la profundidad de instalación y la magnitud de las cargas vivas. Para cualquiera de los tipos de tuberías, la longitud útil de los tubos es de 6 m. Los tubos se acoplan entre sí mediante dos tipos de sistema de unión: por un lado, el cementado, y por otro, la unión espiga-campana con anillo elastomérico integrado de fábrica (ver Ilustración 2.4).

Entre las ventajas de las tuberías de PVC se tienen:

- **Hermeticidad.** Este tipo de tuberías son impermeables y herméticas, debido, por un lado, a la naturaleza impermeable del material, y por otro lado, a que se logra

Tabla 2.9 Información general de la tubería de policloruro de vinilo (PVC)

Tipo	Norma	Diámetros nominales	Sistema de unión	Longitud total
		mm		m
Pared sólida	NMX-215/1-SCFI	110 mm a 800 mm	Espiga-campana con anillo de material elastomérico (Sistema Rieber)	6
			Termofusión a tope (bajo formulación especial de PVC)	12
	NMX-211/1-SCFI	100 mm a 300 mm	Espiga-campana con anillo de material elastomérico (Sistema Rieber)	6
			Termofusión a tope (bajo formulación especial de PVC)	12
ASTM-D-3034	100 mm (4 pulgadas) a 375 mm (15 pulgadas)	Espiga-campana con anillo de material elastomérico (Sistema Rieber)	6.1 útiles	
Pared estructurada longitudinalmente (ver Ilustración 2.10)	NMX-222/1-SCFI	160 mm a 800 mm	Espiga campana con anillo de material elastomérico (Sistema Rieber)	6
Pared estructurada con perfiles abiertos en el exterior y superficie interna lisa (ver Ilustración 2.5)	NMX-229-SCFI	150 mm a 3 050 mm	Cementada (fusión química)	6 a 10
Pared estructurada anularmente	NTC 3722-1	110 mm a 900 mm	Casquillo con anillo de material	6
Pared estructurada perfil abierto, interior liso (ver Ilustración 2.8)	ASTM-794	200 mm (8 pulgadas) a 375 mm (15 pulgadas)	Espiga-campana con anillo de material elastomérico	4.3 útiles
Pared corrugada doble pared, interior liso (ver Ilustración 2.6)	ASTM-794	300 mm (12 pulgadas) a 900 mm (36 pulgadas)	Espiga-campana con anillo de material elastomérico	4.3 útiles
Pared estructurada perfil cerrado interior liso (ver Ilustración 2.7)	ASTM F1803	750 mm (30 pulgadas) a 1 500 mm (60 pulgadas)	Espiga-campana con anillo de material elastomérico	4.3 útiles

acoplar los tubos mediante juntas con anillos de material elastomérico

- **Ligereza.** Esta característica de los tubos de PVC se traduce en facilidad de manejo, estiba, transporte e instalación, lo que se manifiesta aún más en la tubería de pared estructurada, que es más ligera que la tubería plástica de pared sólida tradicional

- **Resistencia a la corrosión.** Las tuberías de PVC son inmunes a los tipos de corrosión (química o electroquímica) que normalmente afectan a los sistemas de tubería enterrada. Puesto que el PVC se comporta como un dieléctrico, no se producen efectos electroquímicos o galvánicos en los sistemas integrados por estas tuberías, ni estas son afectadas

Ilustración 2.3 Tubería y piezas especiales de PVC de pared estructurada

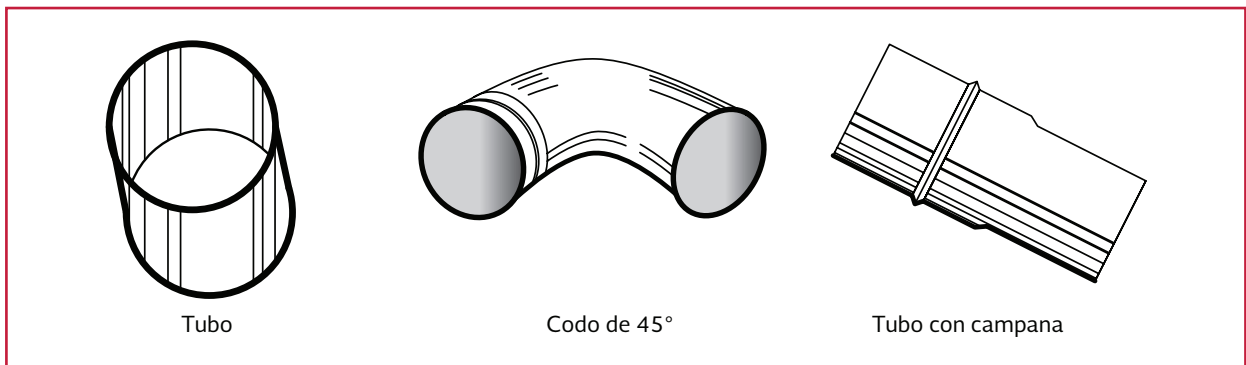
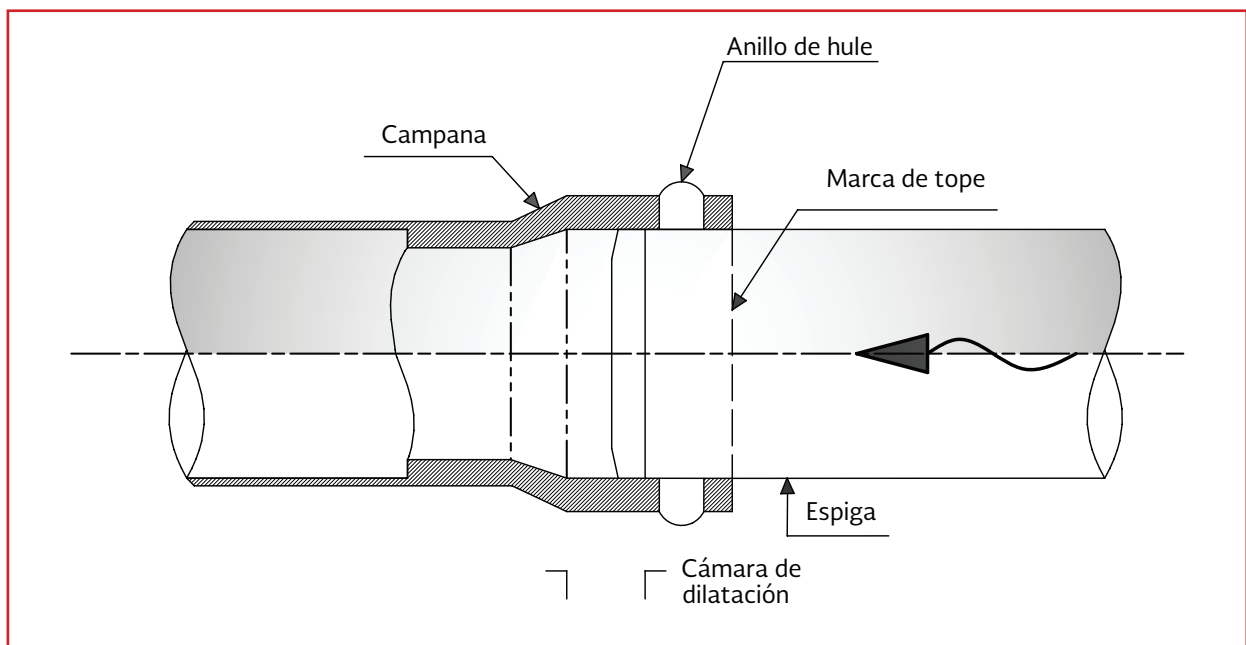


Ilustración 2.4 Unión campana espiga en tubería de PVC



por suelos corrosivos. En consecuencia, no requieren recubrimientos, forros ni protección catódica

- **Capacidad de conducción.** Las paredes de estas tuberías son poco rugosas, lo que se traduce en una alta eficiencia hidráulica
- **Flexibilidad.** El bajo módulo de elasticidad de las tuberías las hace flexibles y, por lo tanto, adaptables a movimientos o asentamientos diferenciales del terreno, ocasionados por sismos o cargas externas

#### **Desventajas:**

- Fragilidad. Requieren un manejo cuidadoso, tanto en el transporte como en la instalación
- Baja resistencia mecánica
- Susceptible al ataque de roedores
- Baja resistencia al intemperismo. La exposición prolongada de la tubería a los rayos solares reduce su resistencia mecánica
- Incremento en la temperatura del agua

Ilustración 2.5 Tubería de pared estructurada de perfil abierto

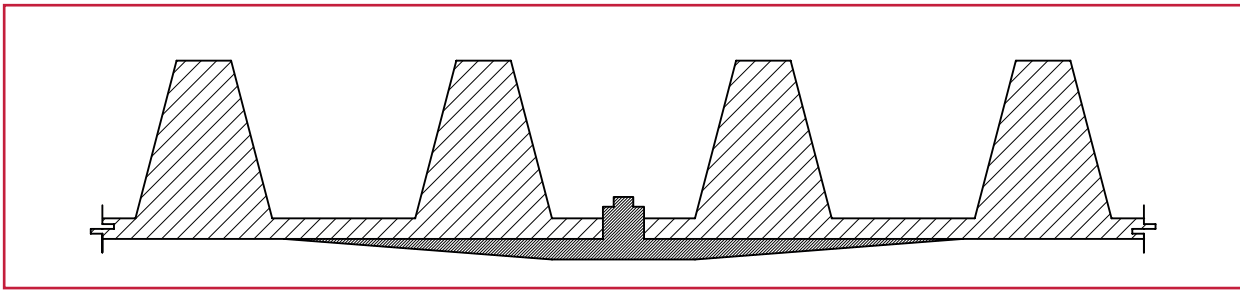


Ilustración 2.6 Tubería de pared estructurada corrugada de doble pared

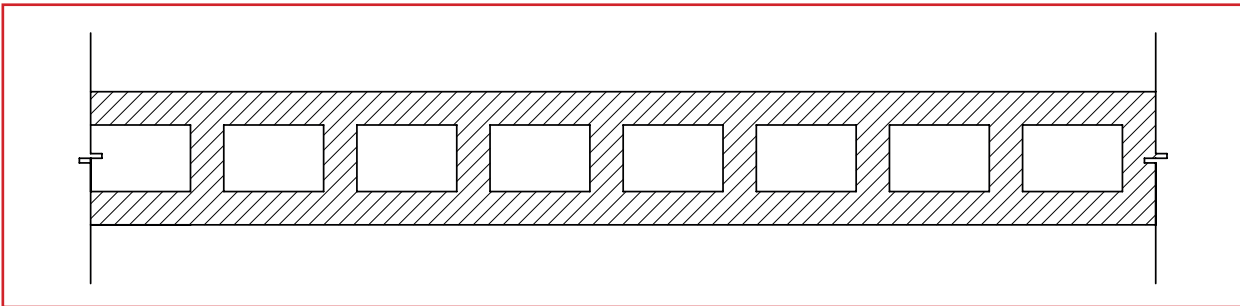


Ilustración 2.7 Tubería de pared estructurada de perfil cerrado

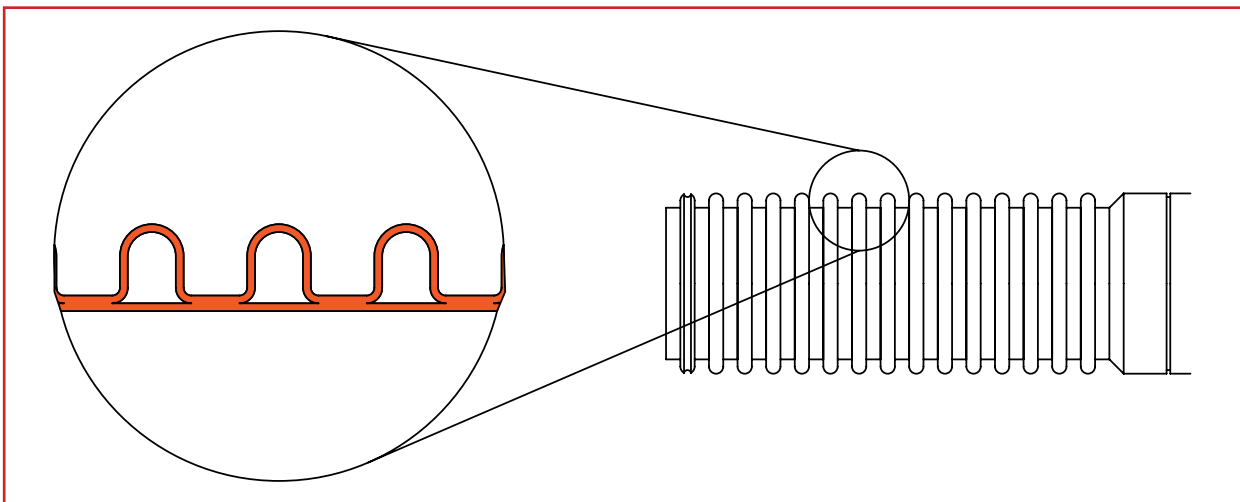


Ilustración 2.8 Tubería de pared estructurada de perfil abierto helicoidal

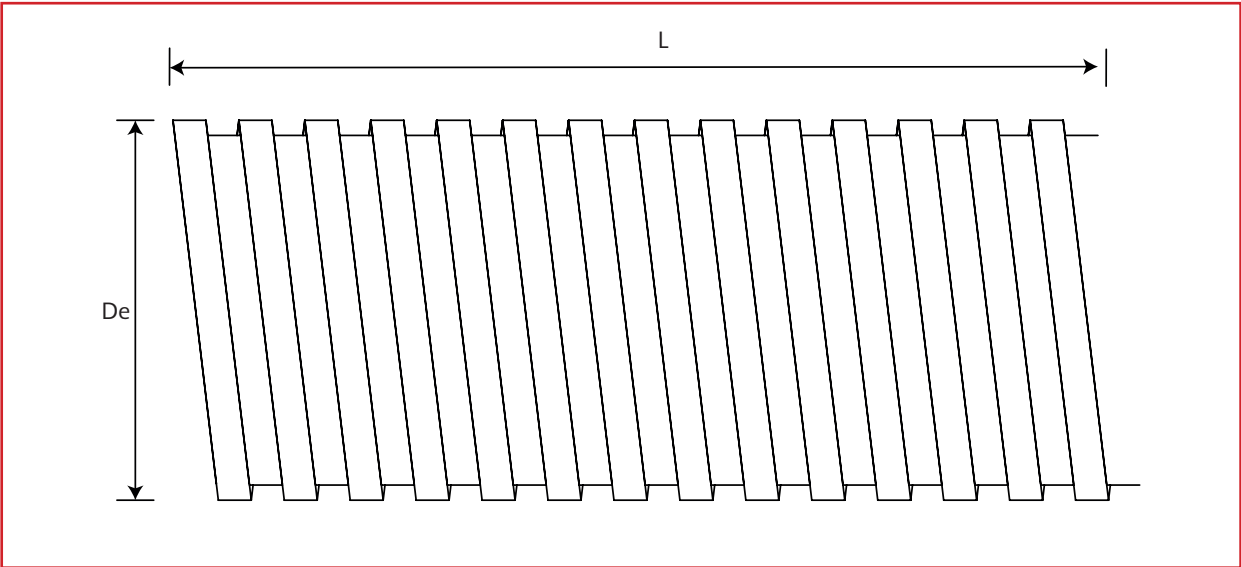


Ilustración 2.9 Detalle del refuerzo metálico

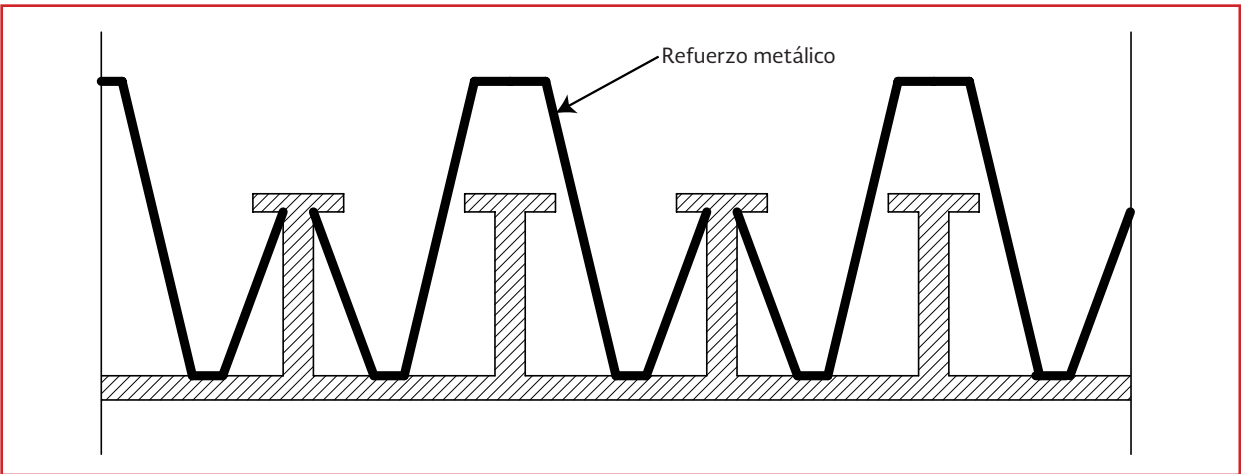
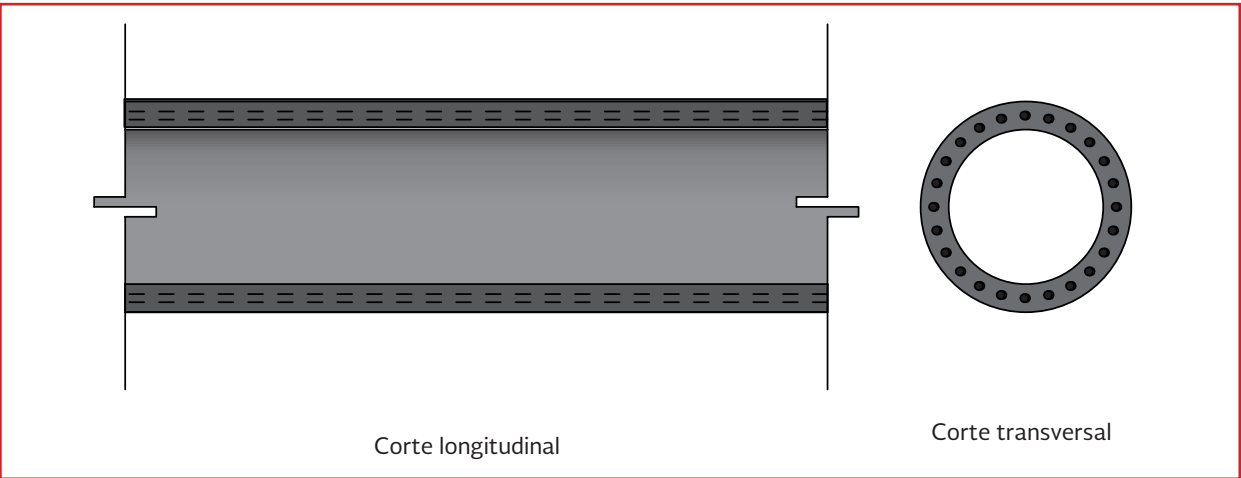


Ilustración 2.10 Perfil de estructuración longitudinalmente



En la Tabla 2.10 se presenta la clasificación de la tubería de PVC para alcantarillado, serie 25, con una longitud de 6 metros y rigidez mínima de 0.1 MPa.

Tabla 2.10 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared sólida serie 25

Diámetro			Espesor	Peso
Nominal	Exterior	Interior		
mm	mm	mm	mm	kg/m
160	160	153.8	3.1	2.34
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

En la Tabla 2.11 se presenta la clasificación de la tubería de PVC para alcantarillado, serie 20, con una longitud de 6 metros y rigidez mínima de 0.19 MPa.

Tabla 2.11 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared sólida serie 20

Diámetro			Espesor	Peso
Nominal	Exterior	Interior		
mm	mm	mm	mm	kg/m
110	110	104.6	2.7	1.4
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	11.4
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

En la Tabla 2.12 se presenta la clasificación de la tubería de PVC para alcantarillado, serie 16.5, con una longitud de 6 metros y rigidez mínima de 0.3 MPa.

Tabla 2.12 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared sólida serie 16.5

Diámetro			Espesor	Peso
Nominal	Exterior	Interior		
mm	mm	mm	mm	kg/m
110	110	103.6	3.2	1.65
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

En la Tabla 2.13 se presenta la clasificación de la tubería de PVC para alcantarillado, serie inglesa tipo 51, con una longitud de 6 metros y rigidez mínima de 0.1 MPa.

Tabla 2.13 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared sólida serie inglesa tipo 51

Diámetro			Espesor	Peso
Nominal	Exterior	Interior		
in	mm	mm	mm	kg/m
4"	107.1	102.9	2.1	1.09
6"	159.4	152.6	3.1	2.43
8"	213.4	204.4	4.2	4.35
10"	266.7	255.6	5.2	6.79
12"	317.5	304.4	6.2	9.62



En la Tabla 2.14 se presenta la clasificación de la tubería de PVC para alcantarillado, serie inglesa

tipo 41, con una longitud de 6 metros y rigidez mínima de 0.19 MPa.

Tabla 2.14 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared sólida serie inglesa tipo 41, rigidez mínima de 0.19 MPa

Nominal	Diámetro		Espesor	Peso
	Exterior	Interior		
mm	mm	mm	mm	kg/m
4"	107.1	101.9	2.6	1.36
6"	159.4	151	3.9	3
8"	213.4	202.2	5.2	5.38
10"	266.7	252.9	6.5	8.4
12"	317.5	301.2	7.7	11.91

En la Tabla 2.15 se presenta la clasificación de la tubería de PVC para alcantarillado, serie inglesa

tipo rd 35, con una longitud de 6 metros y rigidez mínima de 0.32 MPa.

Tabla 2.15 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared sólida serie inglesa tipo 35, rigidez mínima de 0.32 MPa

Nominal	Diámetro		Espesor	Peso
	Exterior	Interior		
mm	mm	mm	mm	kg/m
4"	107.1	100.98	3.1	1.56
6"	159.4	149.8	4.6	3.51
8"	213.4	200.8	6.1	6.31
10"	266.7	250.5	7.6	9.88
12"	317.5	298.2	9.1	14.14

En la Tabla 2.16 se presenta la clasificación de la tubería de PVC para alcantarillado, serie inglesa

rd 35, con una longitud de 6 metros y rigidez mínima de 0.32 MPa.

Tabla 2.16 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared sólida serie inglesa rd 35, rigidez mínima de 0.32 MPa (ASTM-D3034)

Nominal	Diámetro		Espesor	Peso
	Exterior	Interior		
in	mm	mm	mm	kg/m
4"	107.1	101	3.1	1.56
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

En la Tabla 2.17 se presenta la clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado, pared estructu-

rada longitudinalmente, serie métrica, con longitud de 6 metros y rigidez mínima de 0.19 MPa.

Tabla 2.17 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared estructurada longitudinalmente, serie métrica rigidez mínima de 0.19 MPa

Diámetro			Espesor	Peso
Nominal	Exterior	Interior		
mm	mm	mm	mm	kg/m
160	160	151.8	4.1	2.06
200	200	189.8	5.1	3.29
250	250	237.2	6.4	4.65
315	315	298.8	8.1	7.3
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

En la Tabla 2.18 se presenta la clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado, pared estructurada con perfiles abiertos en el exterior

y superficie interna lisa, serie inglesa, con una longitud de 6 metros y rigidez mínima de 0.13 MPa.

Tabla 2.18 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared estructurada con perfiles abiertos en el exterior y superficie interna lisa, serie inglesa, rigidez mínima de 0.13 MPa

Diámetro			Espesor	Peso
Nominal	Exterior	Interior		
in	mm	mm	mm	kg/m
6"	173.3	160	0.7	1.4
8"	213.3	200	0.7	1.7
10"	263.3	250	0.7	2.1
12"	319.8	300	1.2	4.2
14"	369.8	350	1.2	5
16"	419.8	400	1.2	5.7
18"	469.8	450	1.2	6.4
20"	530.5	500	1.8	9.4
24"	635.6	600	1.9	13.8
26"	665.6	630	1.9	14.5
28"	735.6	700	1.9	16.1
30"	835.6	800	1.9	18.4
36"	947.6	900	3.2	38.5
40"	1047.6	1 000	3.2	43

Tabla 2.18 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared estructura con perfiles abiertos en el exterior y superficie interna lisa, serie inglesa, rigidez mínima de 0.13 MPa (continuación)

Nominal	Diámetro		Espesor	Peso
	Exterior	Interior		
in	mm	mm	mm	kg/m
48"	1 247.6	1 200	3.2	51.5
56"	1 447.6	1 400	3.2	60.1
60"	1 554.7	1 500	4.5	81.2

En la Tabla 2.19 se presenta la clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado, pared estructurada con perfiles abiertos en el exterior y

superficie interna lisa, con refuerzo metálico, serie inglesa, con una longitud de 6 metros y rigidez mínima de 0.13 MPa.

Tabla 2.19 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared estructurada con perfiles abiertos en el exterior y superficie interna lisa, con refuerzo metálico, serie inglesa, rigidez mínima de 0.13 MPa

Nominal	Diámetro		Espesor	Peso
	Exterior	Interior		
mm	mm	mm	mm	kg/m
24"	647.8	600	1.8	20.8
28"	747.8	700	1.8	24.3
32"	847.8	800	1.8	28
36"	965.1	900	1.9	40.6
40"	1 065.1	1 000	1.9	45
48"	1 265.1	1 200	1.9	54
56"	1 465.1	1 400	1.9	63
60"	1 566.8	1 500	3.2	96.5
64"	1 666.8	1 600	3.2	103
72"	1 866.8	1 800	3.2	116
80"	2 066.8	2 000	3.2	128.6
88"	2 266.8	2 200	3.2	141.5
92"	2 366.8	2 300	3.2	148
94"	2 469.4	2 400	4.5	180
98"	2 569.4	2 500	4.5	187
102"	2 669.4	2 600	4.5	194.4
110"	2 869.4	2 800	4.5	209.4
120"	3 119.4	3 050	4.5	230

En la Tabla 2.20 se presenta la clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado, pared estructurada anularmente, serie métrica, con una longitud de 6 metros y rigidez mínima de 0.19 y 0.24 MPa.

En la Tabla 2.21 se presenta la clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado, pared estructurada, perfil abierto-interior liso, serie 46, con una longitud de 4.3 metros y rigidez mínima de 0.32 MPa.

Tabla 2.20 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared estructurada anularmente, serie métrica, rigidez mínima de 0.19 y 0.24 MPa

Diámetro			Espesor	Peso	Rigidez mínima
Nominal	Exterior	Interior			
mm	mm	mm	mm	kg/m	MPa
110	107	99	1	0.77	0.24
160	155	140	1.2	1.32	
200	193	180	1.4	2	
250	245	225	1.7	3.3	
315	308	278	1.9	4.82	
400	393	363	2.2	8.12	
450	490	450	2.8	11.24	0.19
600	645	585	3.5	17.54	
750	820	750	4.1	28.89	
900	985	900	5	39.98	

Tabla 2.21 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared estructurada, perfil abierto-interior liso, serie 46, rigidez mínima de 0.32 MPa

Diámetro			Espesor	Peso
Nominal	Exterior	Interior		
in	mm	mm	mm	kg/m
8"	---	199.7	1.5	3.7
10"	---	249.6	1.8	5.2
12"	---	296.8	2.2	7.3
15"	---	363.3	2.7	10.9

En la Tabla 2.22 se presenta la clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado, pared corrugada doble pared-interior lisa, serie 46, con una longitud de 4.3 metros y rigidez mínima de 0.32 MPa.

En la Tabla 2.23 se presenta la clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado, pared estructurada perfil cerrado-interior liso, serie 46, con una longitud de 4.3 metros y rigidez mínima de 0.32 MPa.

Tabla 2.22 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared corrugada doble pared-interior lisa, serie 46, rigidez mínima de 0.32 MPa

Nominal	Diámetro		Espesor	Peso
	Exterior	Interior		
	mm	mm		
8"	---	199.7	1.5	3.7
10"	---	249.6	1.8	5.2
12"	---	296.8	2.2	7.3
15"	---	363.3	2.7	10.9
12"	---	296.8	1.4	5.9
15"	---	363.3	2	10
18"	---	444.8	2.1	13.6
21"	---	524.7	2.4	18.2
24"	---	594.7	2.8	27
30"	---	746.5	3.3	39
36"	---	898.4	3.9	54

Tabla 2.23 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared estructurada perfil cerrado-interior liso, serie 46, rigidez mínima de 0.32 MPa

Nominal	Diámetro		Espesor	Peso
	Exterior	Interior		
	mm	mm		
30"	---	747	3.2	45.4
33"	---	823.1	3.6	56.8
36"	---	899	3.8	72.3
42"	---	1 050.9	4.6	99.1
48"	---	1 202.9	5.3	132.2
54"	---	1 355.1	5.7	160.9
60"	---	1 507.2	6.1	178.8

## 2.1.6 TUBERÍA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)

Las tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD) se fabrican con longitud de 12 m, en diámetros nominales que van de 100 a 900 mm, de acuerdo con la norma mexicana NMX-E-216-SCFI.

Se clasifican en cuatro tipos, según sus espesores de pared y resistencia: rd-21, rd-26, rd-32.5 y rd-41 (ver Tabla 2.24, Tabla 2.25 y Tabla 2.26).

El tipo de tubería a utilizar, se seleccionará según la condición de zanja, las cargas exteriores, el tipo de material y su compactación. El acoplamiento de las tuberías de polietile-

Tabla 2.24 Información general de la tubería de polietileno de alta densidad (PEAD)

Tipo	Norma	Diámetro nominal		Sistema de unión	Longitud útil
		mm	in		m
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				
	NMX-E-205-CNCP				
	NMX-E-208-CNCP				
Pared estructurada	ASTM-F-894-06	750 a 3000	30 a 120	Por termofusión y /o roscafusión	6.10 – 12.0
Pared sólida	NMX-E-216-SCFI	100 a 900	4 a 48	Por termofusión o electrofusión	6.00 – 15.0

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

Diámetro nominal		Diámetro interior	Clasificación							
			RSC 40		RSC 63		RSC 100		RSC 160	
			Peso	Rigidez	Peso	Rigidez	Peso	Rigidez	Peso	Rigidez
mm	in	mm	kg/m	MPa	kg/m	MPa	kg/m	MPa	kg/m	MPa
750	30"	737	41	0.054	41.92	0.085	42.84	0.134	44.68	0.212
900	36"	885	49.6	0.045	52.355	0.071	55.11	0.112	60.62	0.178
1050	42"	1033	54.37	0.038	61.445	0.061	68.52	0.097	82.67	0.156
1200	48"	1181	78.94	0.033	82.665	0.053	86.39	0.085	93.84	0.136
1350	54"	1328	80.44	0.029	90.12	0.048	99.80	0.076	119.16	0.122
1500	60"	1476	104.26	0.026	119.155	0.043	134.05	0.068	163.84	0.109
1680	66"	1623	149.62	0.025	158.96	0.038	168.30	0.062	186.98	0.099
1830	72"	1771	204.79	0.023	210.375	0.036	215.96	0.057	227.13	0.092
1980	78"	1919	217.92	0.021	225.89	0.033	233.86	0.053	249.8	0.084
2130	84"	2066	265.89	0.020	267.00	0.030	268.11	0.048	270.33	0.077
2290	90"	2214	277.37	0.018	288.395	0.029	299.42	0.046	321.47	0.074
2440	96"	2361	339.35	0.018	344.26	0.026	349.17	0.043	358.99	0.068
2740	108"	2656	436.87	0.016	452.155	0.024	467.44	0.038	498.01	0.061
3050	120"	2952	575.89	0.014	592.065	0.022	608.24	0.034	640.59	0.055

Tabla 2.26 Información general de la tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) de pared sólida

Diámetro nominal		RD-21			RD-26			RD-32.5			RD-41		
		Diámetro interior	Peso	Rigidez	Diámetro interior	Peso	Rigidez	Diámetro interior	Peso	Rigidez	Diámetro interior	Peso	Rigidez
mm	in	mm	kg/m	MPa	mm	kg/m	MPa	mm	kg/m	MPa	mm	kg/m	MPa
150	6"	151.31	4.07	1.1	154.53	3.34	0.9	157.3	2.68	0.7	159.56	2.14	0.6
200	8"	196.95	6.9	1.1	201.19	5.63	0.9	204.8	4.54	0.7	207.77	3.63	0.6
250	10"	245.49	10.72	1.1	250.8	8.75	0.9	255.22	7.06	0.7	258.95	5.63	0.6
300	12"	291.16	15.08	1.1	297.46	12.31	0.9	302.74	9.93	0.7	307.11	7.93	0.6
350	14"	319.68	18.18	1.1	326.62	14.84	0.9	332.38	11.97	0.7	337.24	9.56	0.6
400	16"	365.38	23.75	1.1	373.28	29.38	0.9	379.91	15.63	0.7	385.39	12.48	0.6
450	18"	411.05	30.06	1.1	419.94	24.53	0.9	427.38	19.79	0.7	433.55	15.8	0.6
500	20"	456.74	37.11	1.1	466.6	30.28	0.9	474.88	24.43	0.7	481.71	19.5	0.6
550	22"	502.36	44.9	1.1	513.23	36.64	0.9	522.35	29.56	0.7	529.89	23.59	0.6
600	24"	548.06	53.44	1.1	559.89	43.6	0.9	569.85	35.18	0.7	578.1	28.08	0.6
650	26"	593.73	62.71	1.1	606.55	51.17	0.9	617.32	41.28	0.7	626.26	32.95	0.6
700	28"	639.42	72.73	1.1	653.21	59.35	0.9	664.79	47.88	0.7	674.42	38.22	0.6
750	30"	685.06	83.49	1.1	699.87	68.13	0.9	712.29	54.06	0.7	722.58	43.87	0.6
900	36"	822.1	120.23	1.1	839.83	98.1	0.9	854.74	79.15	0.7	867.13	63.18	0.6

no generalmente se logra mediante la termofusión (ver Ilustración 2.11), la cual debe cumplir con las especificaciones de la norma ASTM D3261 - 12e1 o su equivalente.

Como ventajas de las tuberías de polietileno se destacan:

- **Economía.** Los volúmenes de excavación en zanja son reducidos
- **Resistencia a la corrosión.** Elevada resistencia contra ataque de fluidos ácidos y alcalinos
- **Capacidad de conducción.** Las paredes de este tipo de tuberías son poco rugosas, lo que se traduce en una alta eficiencia hidráulica en la conducción
- **Alta flexibilidad.** El bajo módulo de elasticidad de este tipo de tuberías las hace muy flexibles y, en consecuencia, adaptables a cualquier tipo de terreno y a movimientos ocasionados por sismos y cargas externas

- **Rapidez en la instalación.** Su bajo peso, aunado a su presentación en tramos de hasta 12 m y la unión por termofusión sin piezas especiales, agiliza su instalación
- **Alta resistencia a la intemperie.** Resisten por tiempo prolongado el intemperismo
- **Hermeticidad.** Son impermeables, herméticas y resistentes al ataque biológico.
- **Ligereza.** El ser tan ligeras las hace fáciles de manejar, tanto en el transporte como en la instalación
- **Durabilidad.** Con mantenimiento nulo, tienen una vida útil de 50 años, y 15 años de resistencia a la intemperie

Desventajas:

- Alto costo de adquisición e instalación
- Mayor costo a partir de ciertos diámetros
- Mayor costo en las piezas especiales
- Requiere de equipo especial y costoso para la termofusión

Ilustración 2.11 Tipos de uniones en tuberías de polietileno



- La presión de trabajo puede alterarse al variar la temperatura exterior o interior
- No soporta cargas externas ni vacíos parciales, pues es susceptible al aplastamiento

## 2.2 DESCARGA DOMICILIARIA

La descarga domiciliaria o albañal exterior es una tubería que permite el desalojo de las aguas servidas, de las edificaciones a la atarjea.

El diámetro del albañal en la mayoría de los casos es de 150 mm, siendo éste el mínimo recomendable, y el registro una profundidad mínima de 600 mm 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 por ciento. En caso de que el diámetro del albañal sea de 100 mm, se debe considerar una pendiente de 2 por ciento. La conexión entre el albañal y la atarjea se realizara por medio de un codo de 45 o 90 grados y un slant.

A continuación se describen los procedimientos de instalación y las piezas usadas en las diferentes conexiones domiciliarias, según el tipo de material.

### 2.2.1 DESCARGA DOMICILIARIA CON TUBERÍA DE CONCRETO

Para efectuar la conexión del albañal con la atarjea en tubería de concreto aplica la norma mexicana NMX-C-417-ONNCCE, que establece las especificaciones que deben cumplir los elementos que componen a las descargas domiciliarias prefabricadas de concreto simple que cuentan con junta hermética y que se destinan a los sistemas de alcantarillado sanitario. En las Ilustración 2.12 e Ilustración 2.13 se muestran las piezas especiales para la conexión de la descarga domiciliaria y en la Tabla 2.27 y la Tabla 2.28 las dimensiones de las piezas.

### 2.2.2 DESCARGA DOMICILIARIA CON TUBERÍA DE FIBROCEMENTO

Para la conexión domiciliaria en tubería de fibrocemento, el procedimiento es similar al descrito



Ilustración 2.12 Codo hermético y descarga domiciliaria en Tee y silleta de concreto

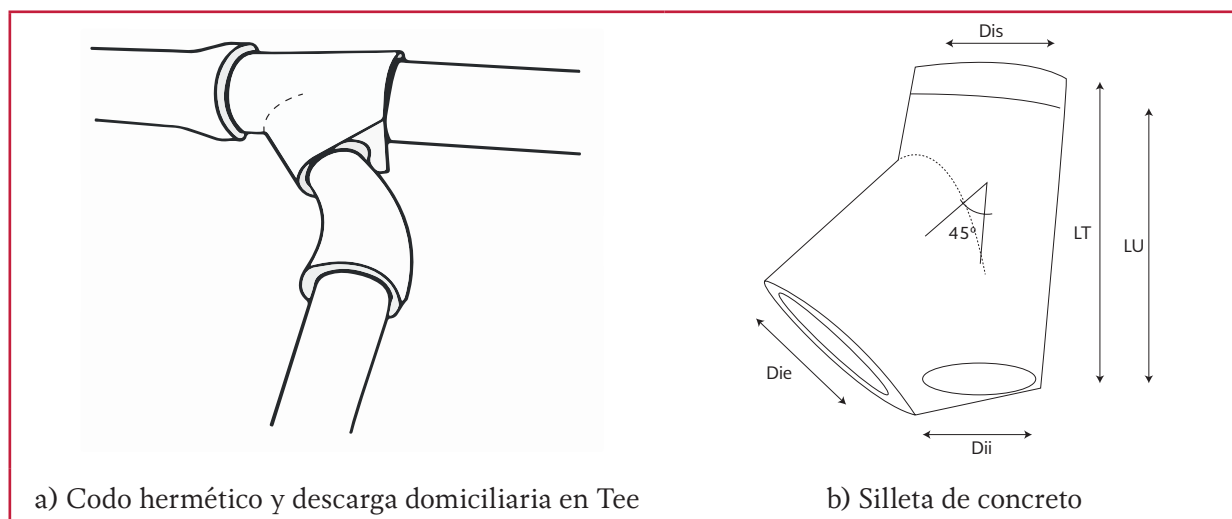


Tabla 2.27 Medidas de descarga domiciliaria de Tee o silleta de concreto (Ilustración 2.12 b)

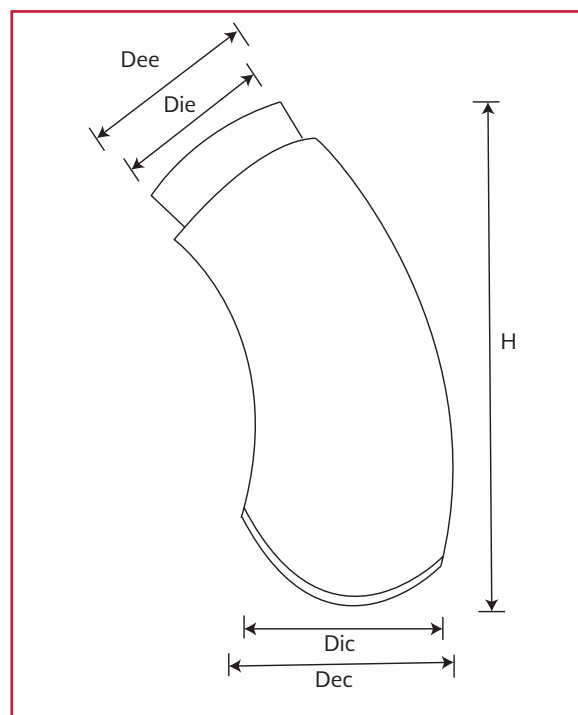
Medidas		Unidades	20 x 15	25 x 15	30 x 15	30 x 20
LU	Longitud útil	cm	50	60	60	60
LT	Longitud total	cm	57	67	67	67
Dis	Diámetro interior superior	cm	20	25	30	30
Dii	Diámetro interior inferior	cm	20	25	30	30
Die	Diámetro interior entrada	cm	15	15	15	20

en tubería de concreto. 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 Ilustración 2.14).

### 2.2.3 DESCARGA DOMICILIARIA CON TUBERÍA DE POLICLORURO DE VINILO (PVC)

Existen yeas y varios tipos de silletas para conectar las descargas domiciliarias a la red, ya sea a 45° o a 90° con campana y extremo de apoyo para unir a la atarjea o colector (ver Ilustraciones 2.15 y 2.16), con un codo de 45° con espiga y campana para su acoplamiento con el albañal.

Ilustración 2.13 Codo de concreto con junta hermética



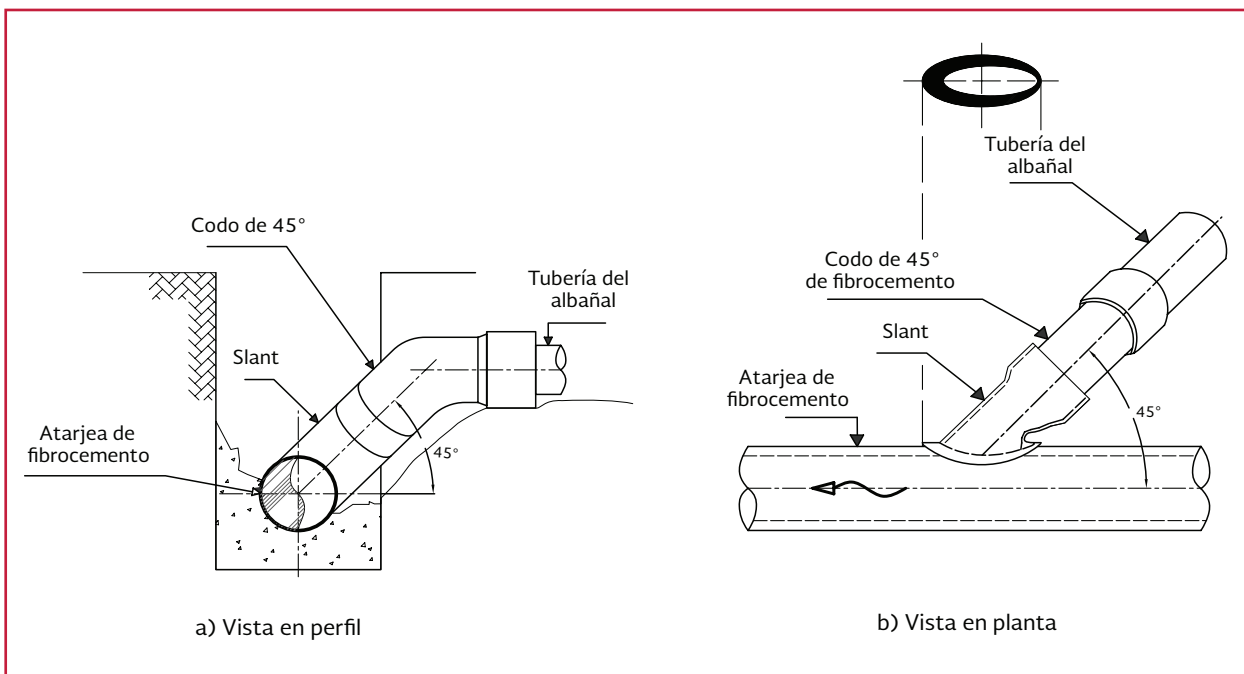
La silleta se acopla a la atarjea por cementación, o bien, se sujeta por medio de un par de abrazaderas o cinturones de material resistente a la

corrosión. Todas las conexiones de piezas deberán llevar anillos de hule para garantizar la hermeticidad (ver Ilustración 2.17).

Tabla 2.28 Medidas de codo de concreto con junta hermética

Medidas			15 cm	20 cm
Grados de inclinación			45 °	45°
H	Altura total	cm	70	76
Die	Diámetro interior espiga	cm	15	20
Dee	Diámetro exterior espiga	cm	19.8	25.8
Dic	Diámetro interior campana	cm	21.4	28
Dec	Diametro exterior campana	cm	27	34.7

Ilustración 2.14 Descarga domiciliaria con tubería de fibrocemento



## 2.2.4 DESCARGA DOMICILIARIA CON TUBERÍA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)

Para realizar la conexión de la descarga domiciliaria a la atarjea se utiliza un slant o una silleta de 45° y un codo a 45°. La unión se hace mediante termofusión si el sistema está seco, de lo contrario se emplea una silleta de polietileno sujeta con una abrazadera, ver detalle de la Ilustración 2.18 y la Ilustración 2.19.

## 2.2.5 DESCARGAS DOMICILIARIAS CONECTADAS A DIFERENTES MATERIALES

En caso de querer unir un albañal plástico (nuevo) a una atarjea existente de concreto, se emplea el slant de PUR.

La caja de material plástico y la cubierta de PUR permiten que se realice la unión como un entronque ramificado a 45° o 90°. El sello se logra utilizando mezcla de cemento-arena en proporción 1:1 y aditivos para aumentar la adherencia e impermeabilidad (ver Ilustración 2.20 e Ilustración 2.21).

Ilustración 2.15 Descarga domiciliaria con tubería de PVC

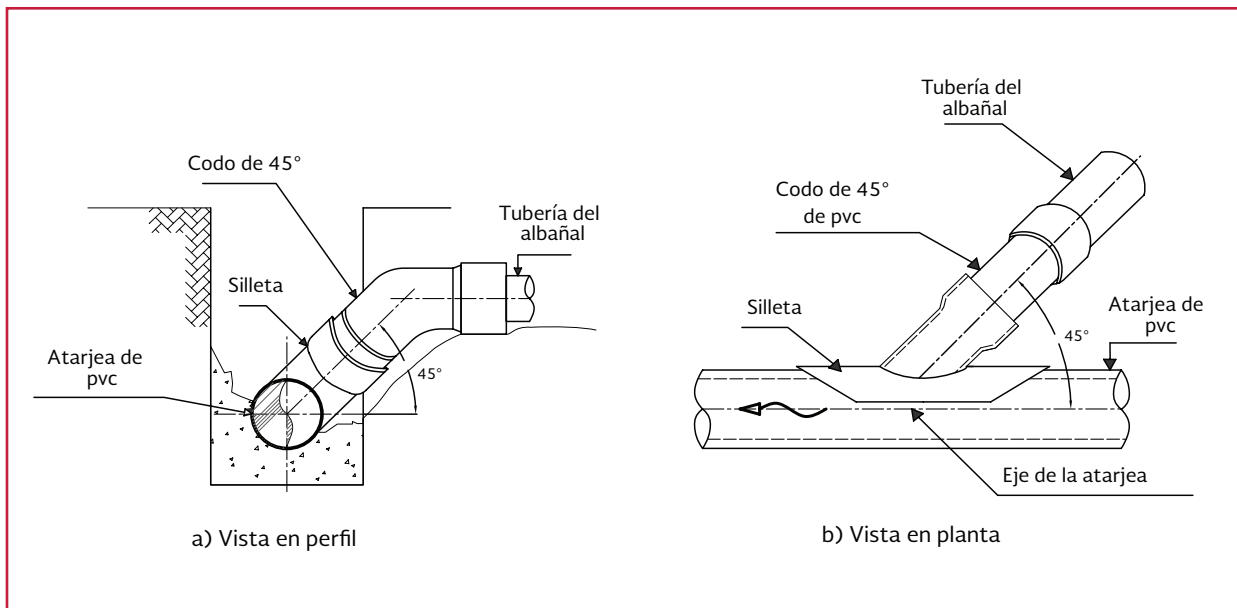


Ilustración 2.16 Descarga con silleta Clic y tubo

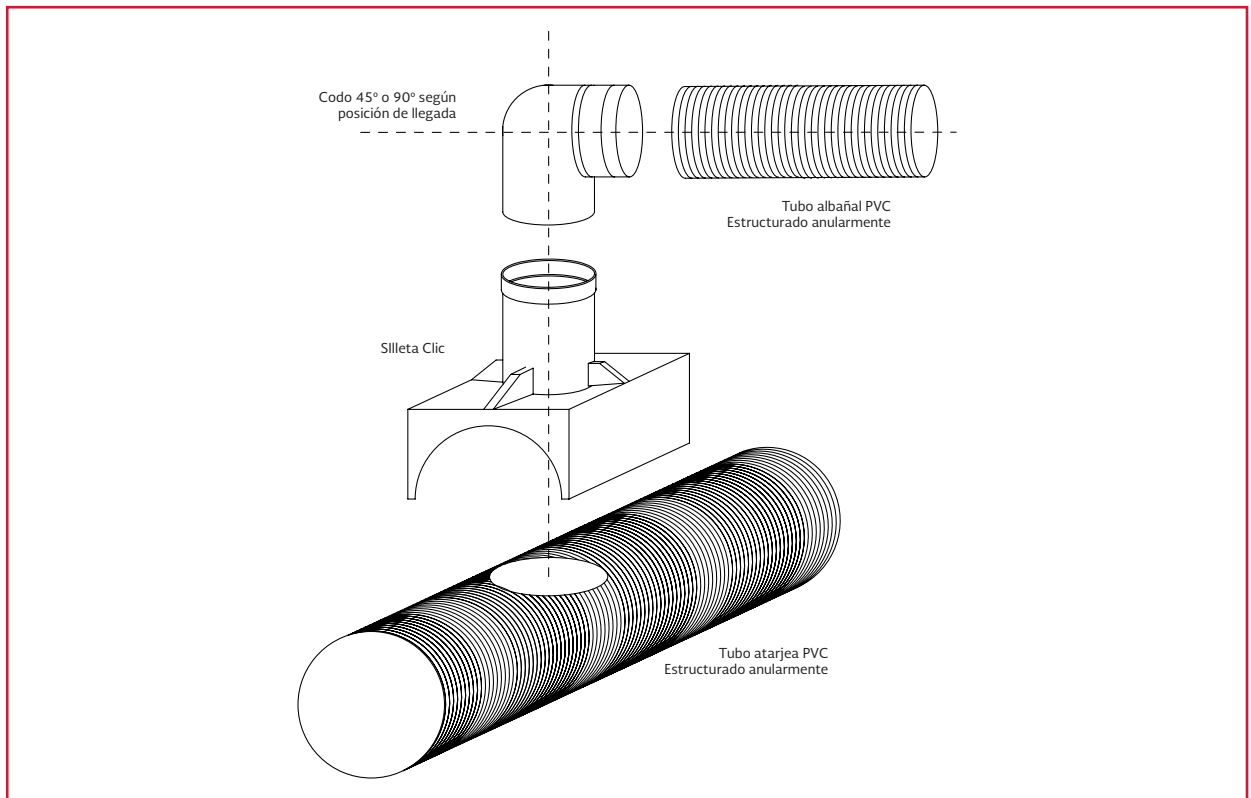


Ilustración 2.17 Descarga con silleta Cementar 90°

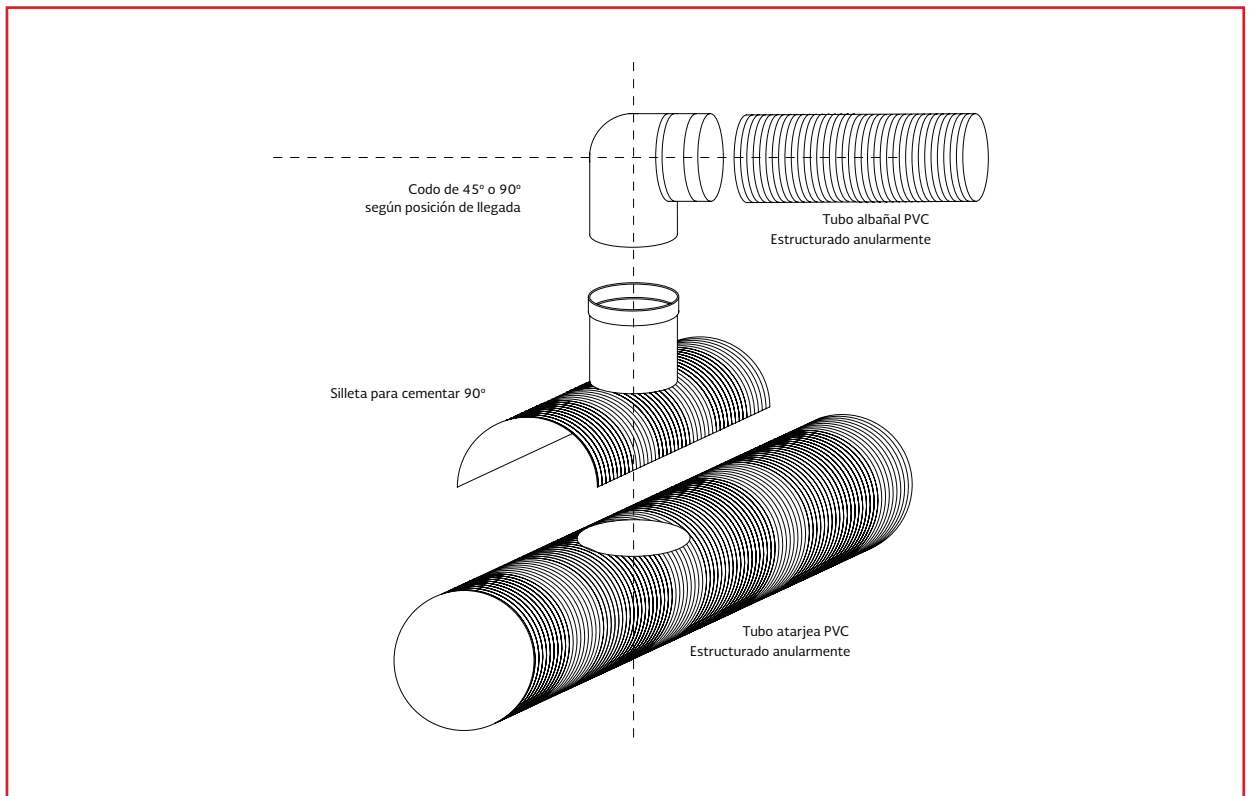


Ilustración 2.18 Descarga domiciliaria con tubería de polietileno en Yee

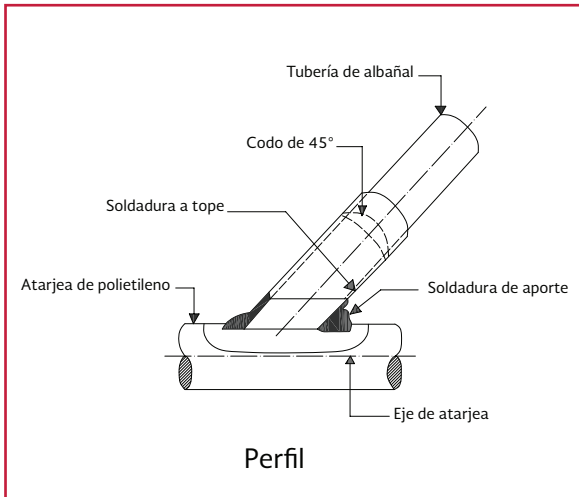


Ilustración 2.19 Descarga domiciliaria con tubería de polietileno con abrazadera

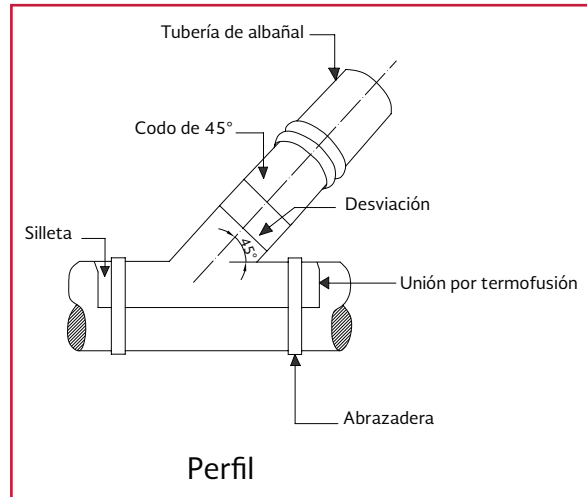


Ilustración 2.20 Interconexión de PUR (tubería de plástico y concreto)

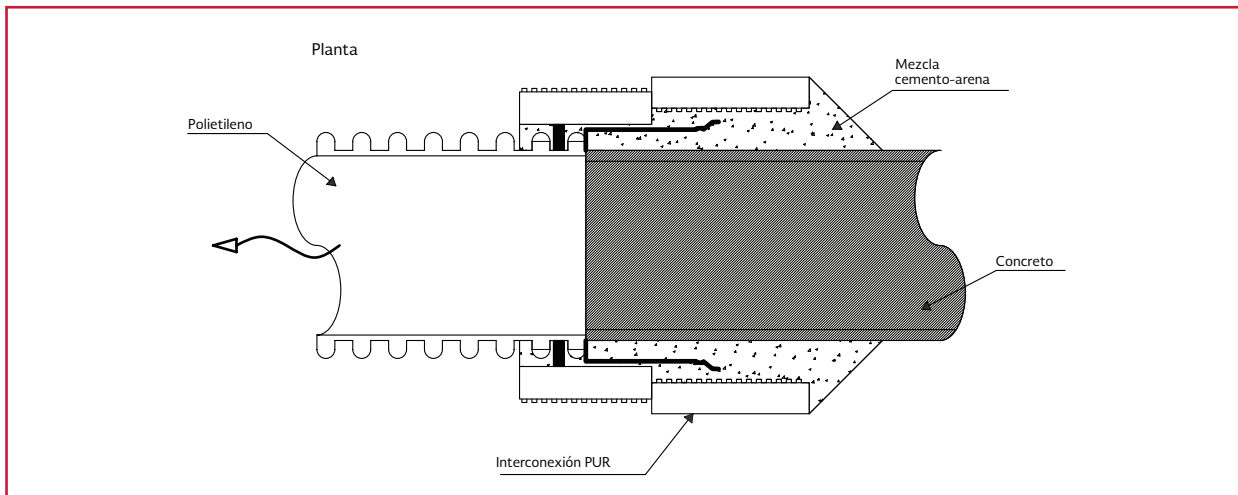
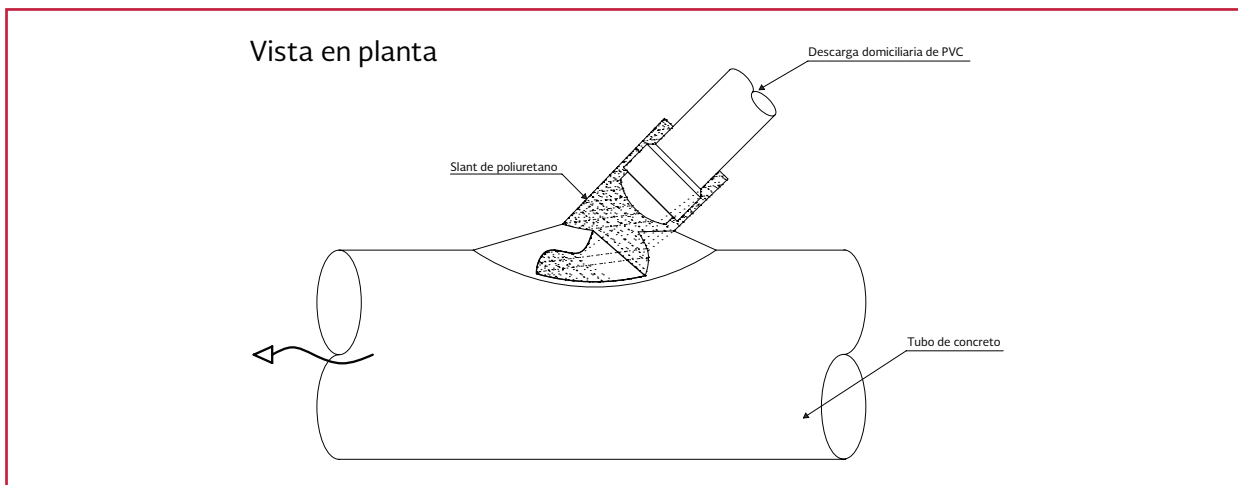


Ilustración 2.21 Slant de poliuretano



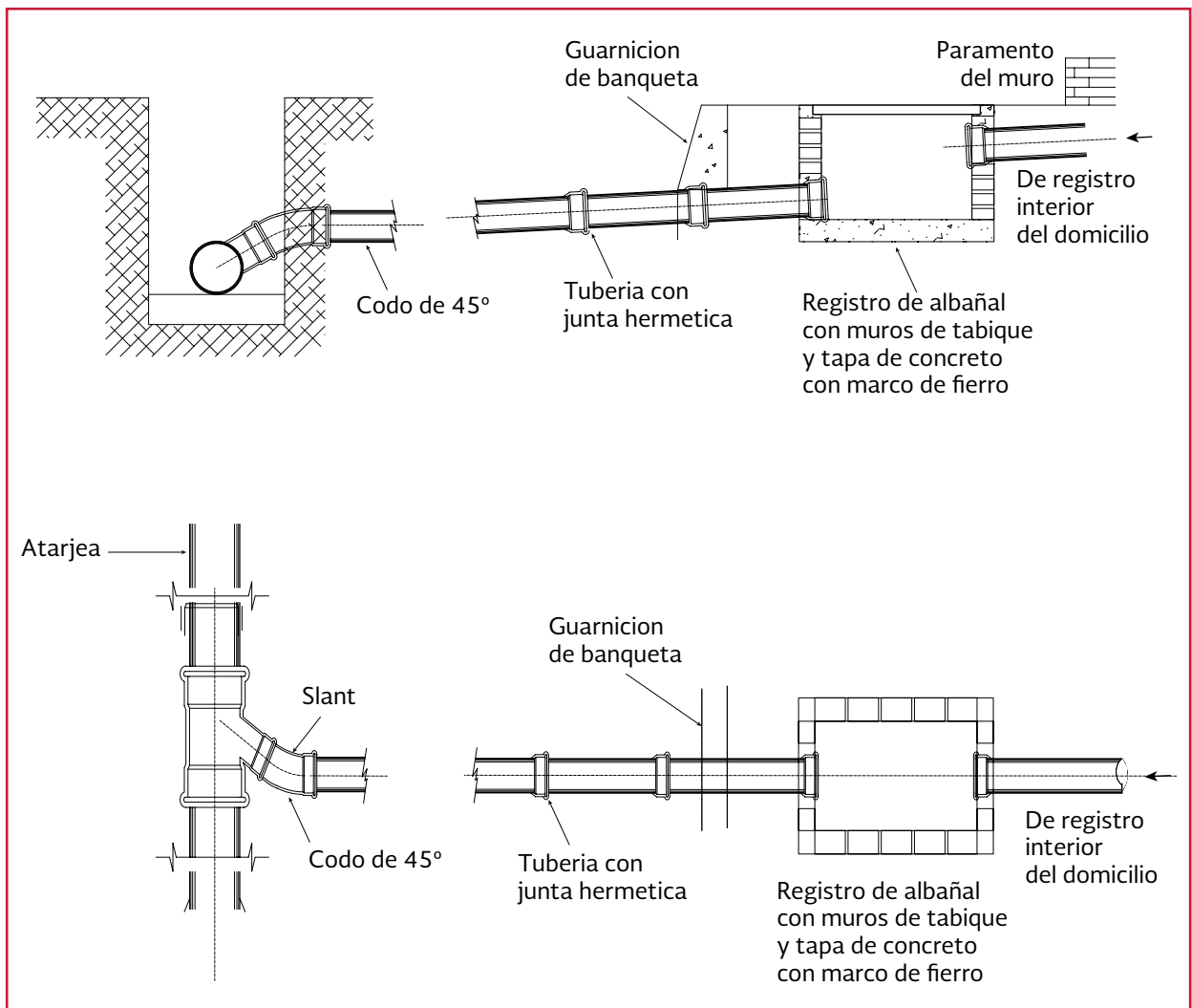
## 2.2.6 REGISTRO DE ALBAÑAL

Se deberá considerar un registro de albañal a la salida de cada domicilio o descarga. Esta permite dar mantenimiento de la red, aislar descargas o dejar la instalación terminada en zonas donde aún no se cuenta con la descarga de la vivienda.

Considerar un registro, permite terminar completamente cada uno de los elementos que conforma-

rán la red de atarjeas, en zonas de futuro crecimiento y con esto se evitan rupturas de pavimento o daño a cualquier otra instalación durante maniobras para la conexión de nuevas descargas. La Ilustración 2.22, presenta un registro construido a base de muros de mampostería y tapa de concreto, pero en el mercado existen algunos prefabricados de concreto o materiales plásticos.

Ilustración 2.22 Registro de albañal



## 2.3 POZOS DE VISITA

Los pozos de visita son estructuras construidas sobre las tuberías, a cuyo interior se tiene acceso por la superficie de la calle.

Los pozos de visita tienen por función la inspección, limpieza y ventilación de las tuberías. Atendiendo al diámetro interior de las tuberías de llegada y /o salida los pozos de visita se clasifican en comunes y especiales.

Su forma es cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior, son suficientemente amplias para darle paso a un hombre y permitirle maniobrar en su interior (el piso es una plataforma con canales que prolongan los conductos y encauzan sus corrientes). Una escalera de peldaños de fierro fundido empotrados en las paredes del pozo permite el descenso y ascenso al personal encargado de la operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial.

El acceso al interior del pozo de vista se protege con brocal y tapa, este puede ser de diferentes materiales, fierro fundido, concreto o PEAD. La tapa cuenta con orificios que permiten la entrada y la salida de gases.

A profundidades de 1.50 m o menores los pozos de visita tienen forma de botella y a mayores de 1.50 m se construye en la parte cilíndrica con el diámetro interior necesario de acuerdo con los diámetros de las tuberías que a él concurran y la

parte troncocónica con paredes inclinadas a 60° que rematará con otra cilíndrica de 0.60 m de diámetro interior y 0.25 m de altura aproximada la cual recibirá al brocal y su tapa.

Los pozos de visita pueden ser construidos "in situ" o prefabricados, su elección depende de un análisis económico y en el caso de alcantarillado sanitario se debe asegurar la hermeticidad de la estructura y de la conexión de la tubería.

Los pozos de visita se pueden clasificar en:

- a) Pozos de visita tipo común
- b) Pozos de visita tipo especial
- c) Pozos tipo caja
- d) Pozos comunes
- e) Pozos con caída
- f) Pozos con caída libre
- g) Pozos con caída adosada
- h) Pozos con caída escalonada

Los componentes esenciales de los pozos de visita (ver Ilustración 2.23) pueden ser:

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

### 2.3.1 POZOS DE VISITA PREFABRICADOS

Los pozos de visita prefabricados pueden estar contruidos de polietileno, concreto, poliéster reforzado con fibra de vidrio, concreto polimérico (policoncreto), etc.; sin embargo, e independientemente del material de fabricación, se debe asegurar la hermeticidad de la estructura y de las uniones con la tubería. 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 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 cumplir las especificaciones

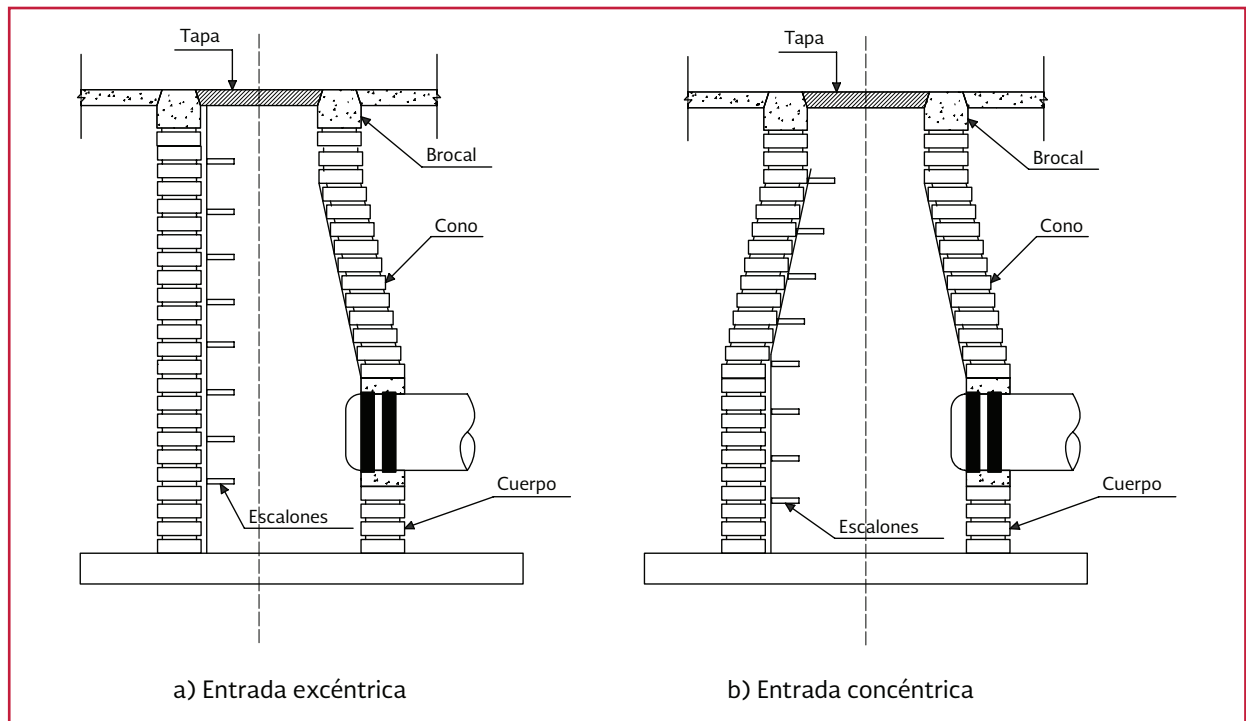
establecidas en un documento normativo, conforme lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

El pozo de visita se fabrica de modo que pueda ser conectado a las tuberías de la red de alcantarillado mediante el 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. También de esta forma, se pueden producir estructuras disipadoras de energía o pozos adosados. En el caso específico de los pozos de concreto, las perforaciones incidentes se deben hacer en fábrica.

#### 2.3.1.1 Pozos prefabricados de materiales plásticos

Los pozos de polietileno de alta densidad son sellados en su parte inferior, con el cuerpo

Ilustración 2.23 Componentes de los pozos de visita





(base) del mismo material. El proceso de manufactura permite incorporar las medias cañas de acuerdo con las necesidades de flujo hidráulico del proyecto, siguiendo las guías de diseño hidráulico establecidas. Permite limpieza por medios mecánicos tradicionales o, para mayor facilidad, mediante *jet stream* de baja y alta presión o equipo de presión y vacío (ver Ilustración 2.24 e Ilustración 2.25).

El diámetro interior mínimo de los pozos de visita prefabricados es de un metro, lo cual permite el acceso seguro de los operarios mediante escalera integrada desde la parte superior del cono hasta la base.

Los diámetros de tuberías a recibir pueden ir desde 200 mm hasta 450 mm en un pozo de un

metro de diámetro y desde 200 mm hasta 800 mm en pozos de 1.20 metros de diámetro.

En cuanto a componentes cercanos a la superficie, está el elemento o arillo para ajustar la altura sobre el cono, el cual deberá 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, estos componentes permitirán los movimientos de asentamiento después de la instalación o repavimentaciones comunes de las calles y que permitan el ajuste de altura hacia el pozo de visita.

Ilustración 2.24 Ensamble de un pozo de visita monolítico

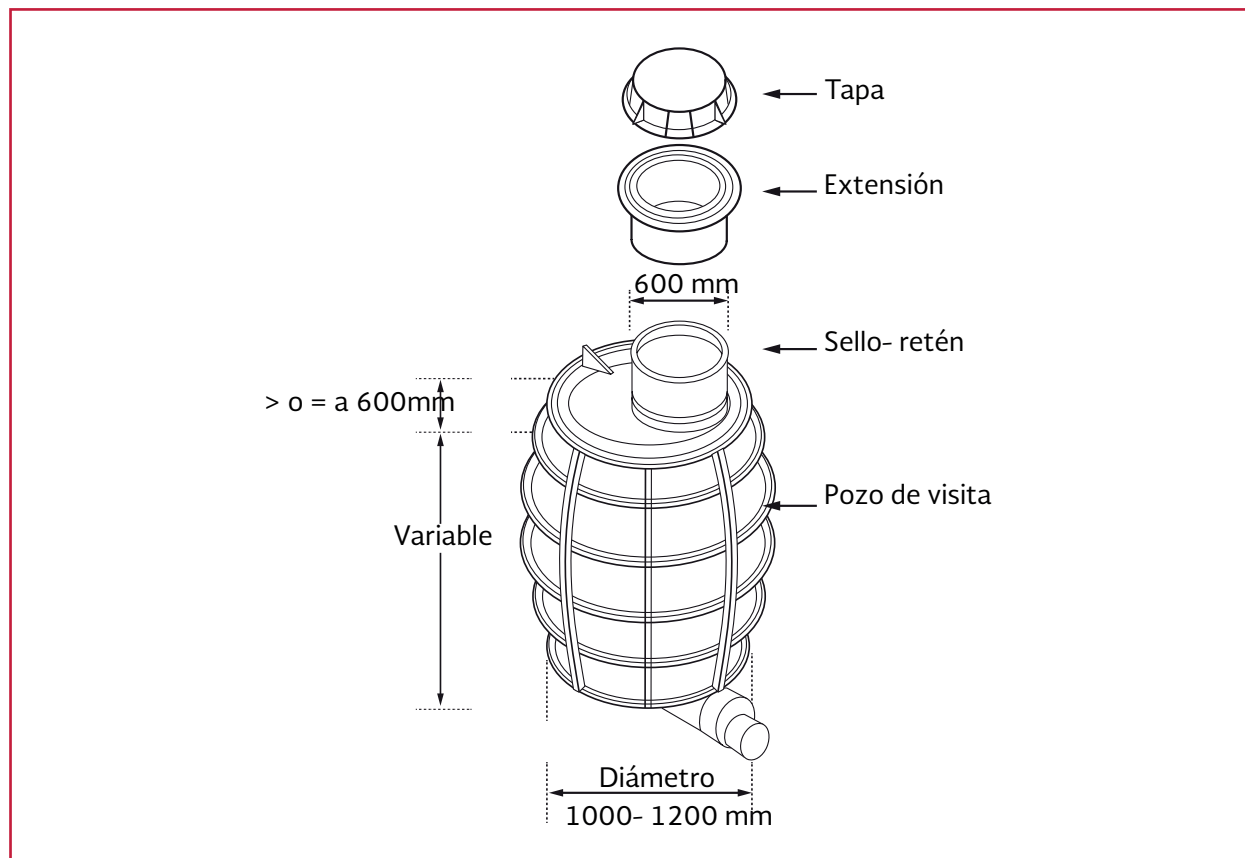
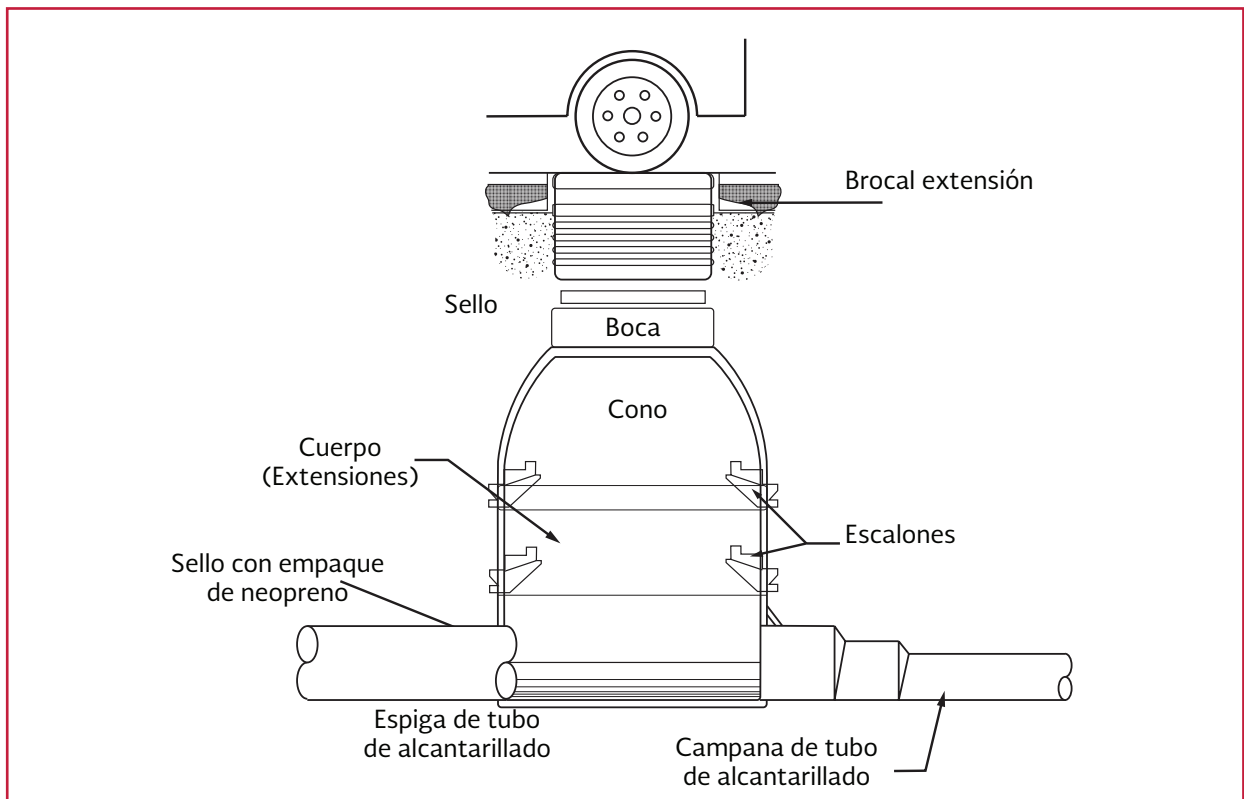


Ilustración 2.25 Piezas que integran un pozo de visita monolítico



### 2.3.1.2 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 la columna de agua interior del fluido circulante, que pueda llegar a un máximo de 12 metros). Este tipo de pozos pueden ser fabricados para que la tubería de la conducción tome ángulos de cualquier grado; están disponibles en alturas totales desde 1.5 m hasta 12 m, según las necesidades de cada proyecto, se clasifican en tipo A y tipo B.

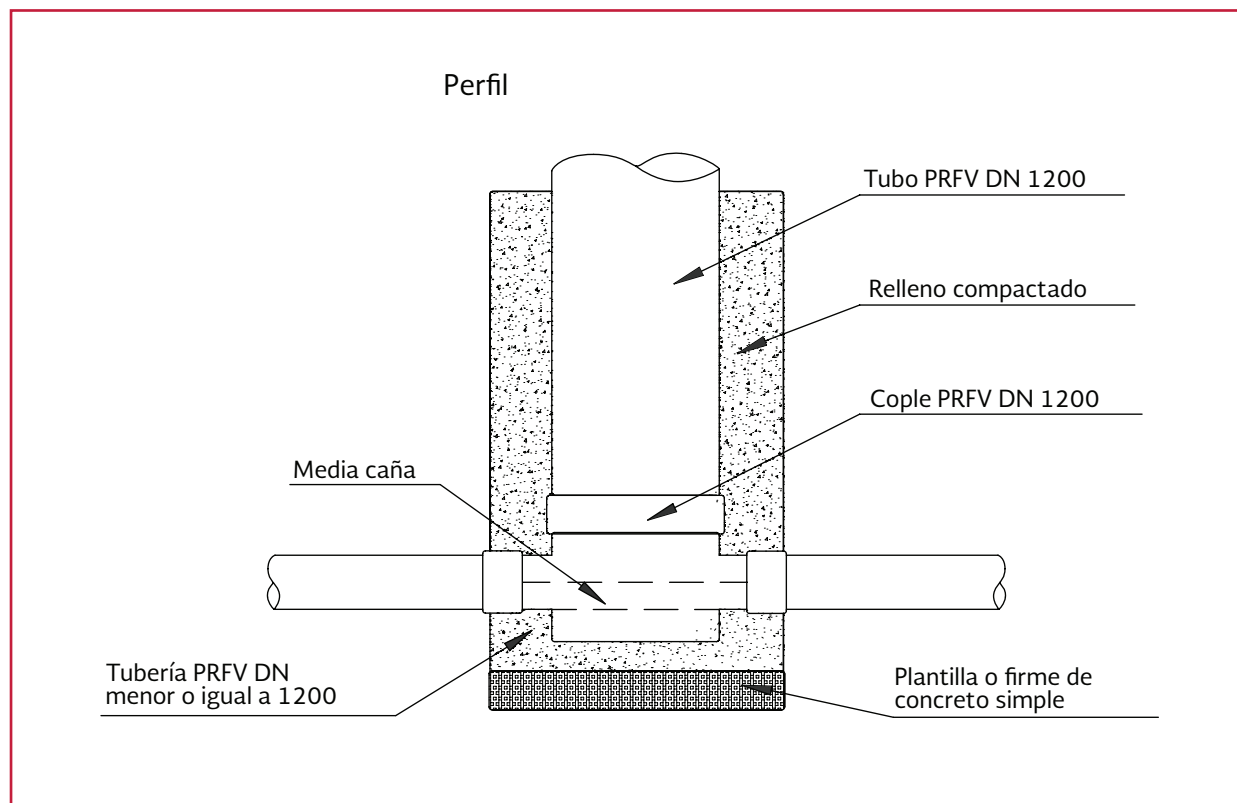
Los pozos de visita de PRFV tipo A presentan un diámetro de la conducción menor o igual a

1.20 metros. El diámetro de acceso se suministra en DN 1 200 mm, lo cual permite el acceso seguro de los operarios mediante escalera integrada desde la parte superior hasta la base. (Ilustración 2.26).

Los pozos de visita de PRFV tipo B son aquellos en los que el diámetro de la conducción supera los 1 200 mm. El diámetro de acceso se suministra en DN 1 200 mm, lo cual permite 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.

Si encima del pozo pasarán vehículos, habrá que poner losas de concreto armado para transmitir la carga vehicular al suelo que rodea el pozo (ver Ilustración 2.27).

Ilustración 2.26 Pozo de visita de PRFV tipo A



### 2.3.2 POZOS DE VISITA CONSTRUIDOS EN EL LUGAR

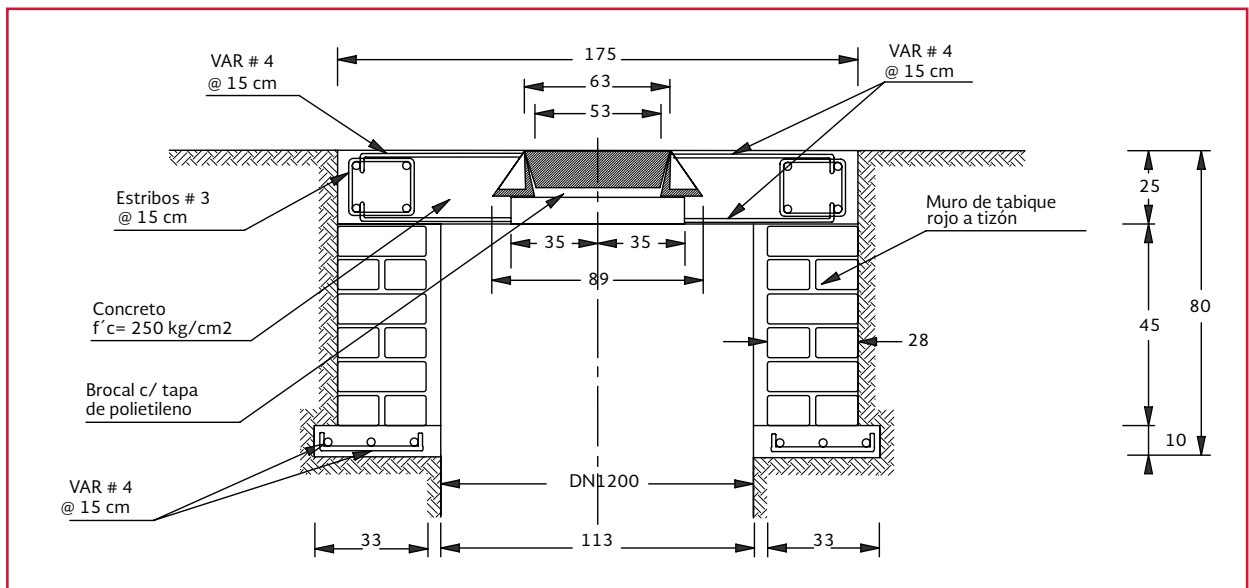
Los pozos que se construyen en el lugar de la obra comúnmente utilizan tabique, concreto reforzado o mampostería de piedra. Cuando se usa tabique de concreto o ladrillo, el espesor mínimo debe ser de 28 cm a cualquier profundidad. La base de los pozos de visita hechos en obra debe ser de concreto monolítico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

nado debe ser mínimo de 1 centímetros, tanto en el interior como en el exterior del pozo (ver Ilustración 2.28). Además, se debe garantizar la hermeticidad de la conexión del pozo con la tubería, empleando accesorios como mangas de poliuretano rígido, mangas de neopreno 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. Estos accesorios deben facilitar el reemplazo de tuberías unidas al pozo utilizando anillos de hule (ver Ilustración 2.29).

### 2.3.3 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.

Ilustración 2.27 Detalle de losa tapa para pozo de visita de PRFV



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 ésta plantilla se construye de concreto armado. En cualquier caso, la media caña y las banquetas del pozo pueden ser aplanadas con mortero cemento-acerena 1:3. 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, 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.

Los pozos de visita comunes tienen un diámetro interior de 1.2 m, se utilizan con tubería de hasta 610 mm de diámetro, con entronques de hasta 0.45 m de diámetro y permiten una deflexión máxima en la tubería de 90 grados (ver Ilustración 2.30).

### 2.3.4 POZOS ESPECIALES

Este tipo de pozos son de forma similar a los pozos de visita comunes (son construidos de tabique y tienen forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior), pero son de dimensiones mayores.

Existen dos tipos de pozos especiales:

- Tipo 1: presenta un diámetro interior de 1.5 m, se utiliza con tuberías de 0.76 a 1.07 m de diámetro, con entronques a 90 grados de tuberías de hasta 0.3 m y permite una deflexión máxima en la tubería de 45 grados

Ilustración 2.28 Pozos de visita construidos en sitio

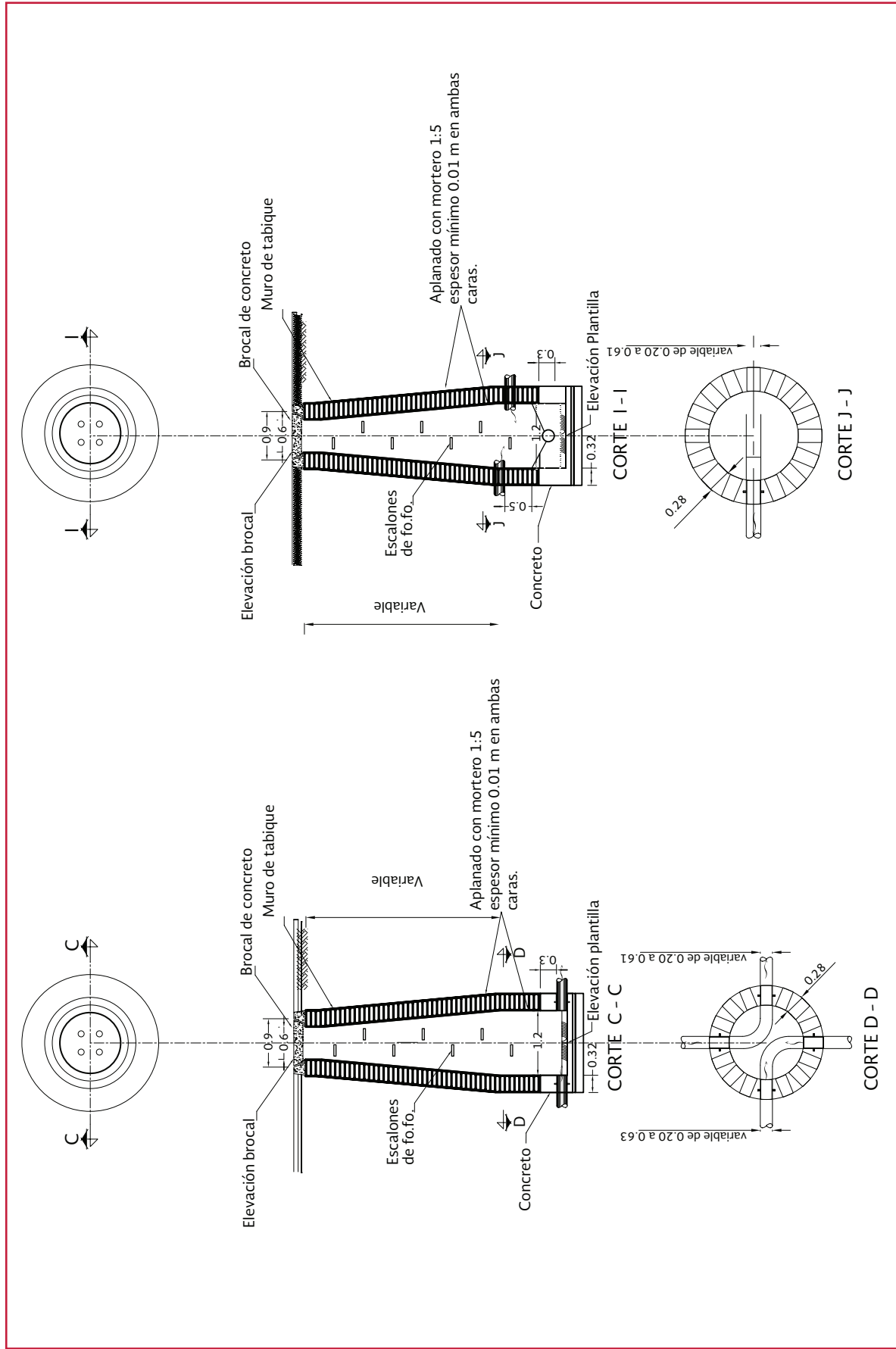
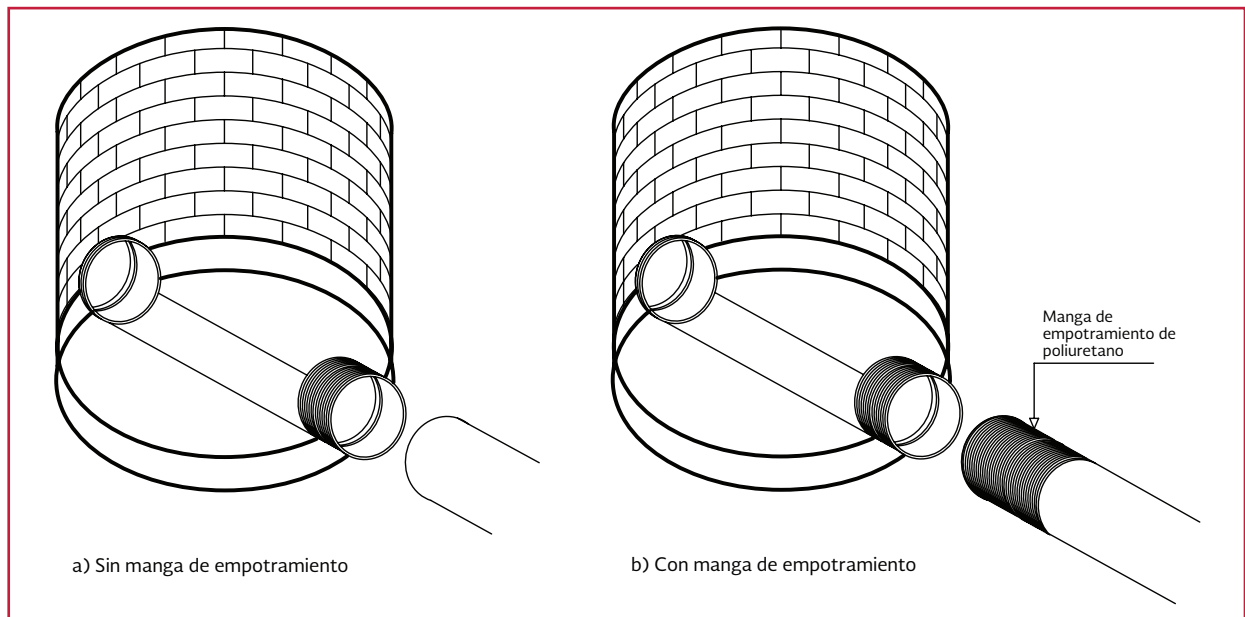


Ilustración 2.29 Colocación de manga de empotramiento de poliuretano rígido (PUR)



- Tipo 2: presenta 2.0 m de diámetro interior, se usa con diámetros de 1.22 m y entronques a 90 grados con tuberías de hasta 0.3 m y permite una deflexión máxima en la tubería de 45 grados (ver Ilustración 2.31)

### 2.3.5 POZOS CAJA

Los pozos caja están formados por el conjunto de una caja de concreto reforzado y una chimenea de tabique similar a la de los pozos comunes y especiales. Su sección transversal horizontal tiene forma rectangular o de un polígono irregular. Sus muros, así como el piso y la losa, son de concreto reforzado. Del techo arranca la chimenea que, al nivel de la superficie del terreno, termina con un brocal y su tapa, ambos de fierro fundido o de concreto reforzado, existen también de polietileno y otros materiales. Estos pozos no permiten deflexiones en las tuberías.

Existen tres tipos de pozos caja:

- Tipo 1: se utiliza en tuberías de 0.76 a 1.07 m de diámetro, con entronques a 45 grados hasta de 0.60 m de diámetro
- Tipo 2: 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
- Tipo 3: se utiliza en tuberías con diámetros de 1.52 a 1.83 m, con entronques a 45 grados hasta de 0.76 m de diámetro (ver Ilustración 2.32)

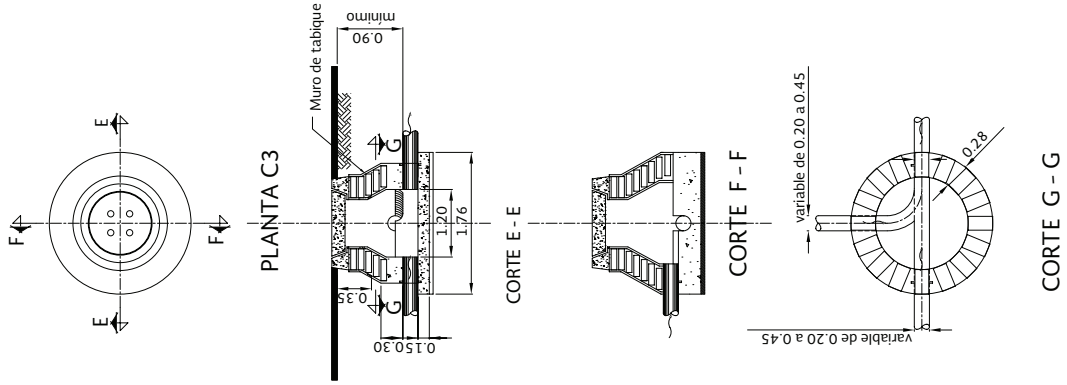
#### 2.3.5.1 Pozos caja de unión

Se les denomina así a los pozos caja de sección horizontal en forma de polígono irregular. Estos pozos no permiten deflexiones en las tuberías.

Existen dos tipos de pozos caja unión: el tipo 1, se utiliza en tuberías de hasta 1.52 m de diámetro

Ilustración 2.30 Pozo común

Pozo tipo "B"



Pozo tipo "A"

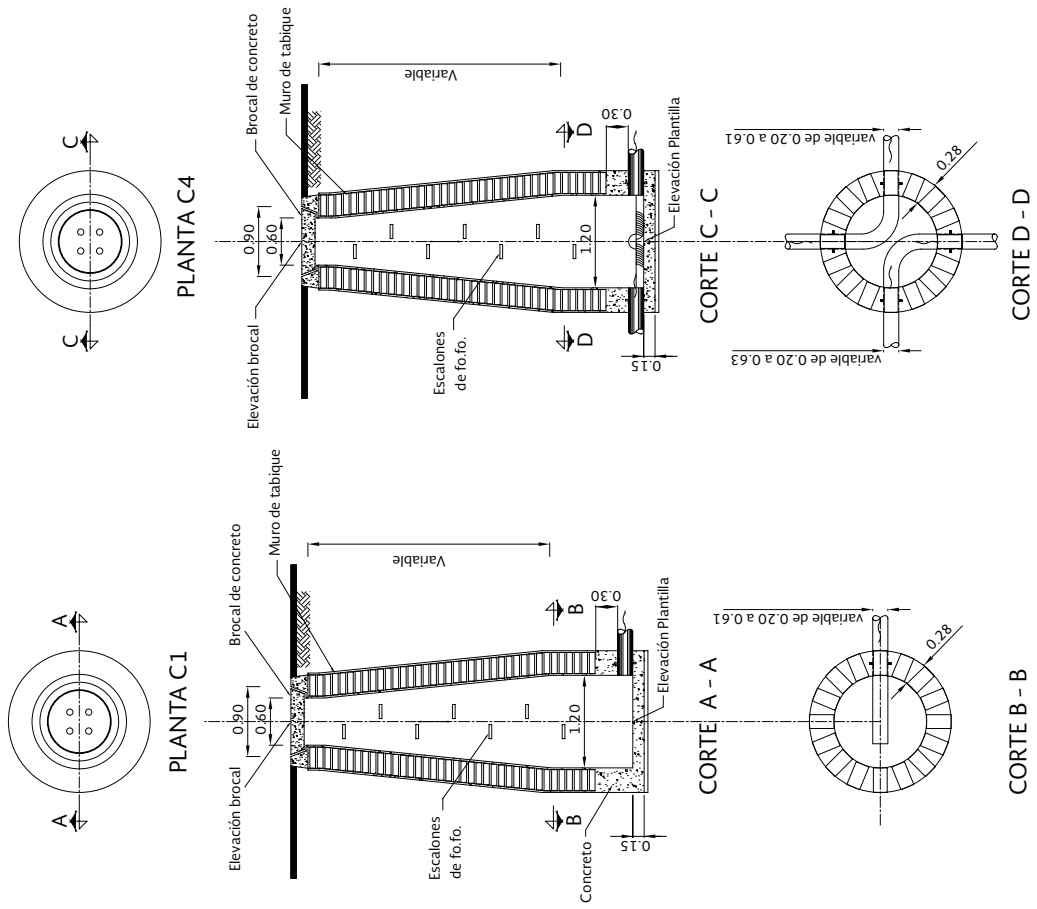
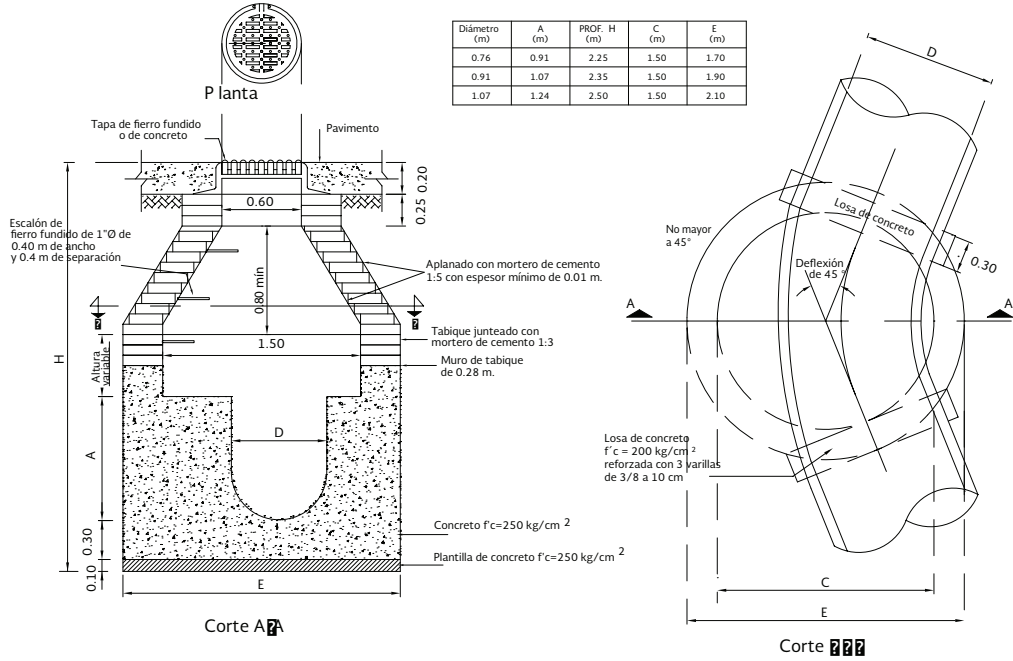


Ilustración 2.31 Pozo tipo especial

Pozo de visita especial tipo "1"



Pozo de visita especial tipo "2"

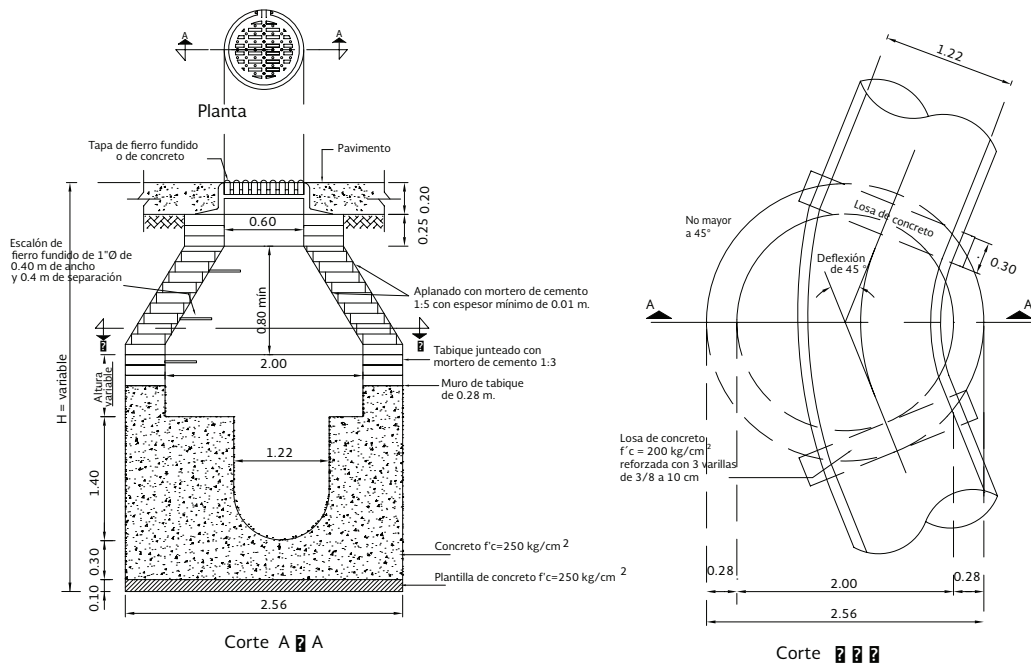
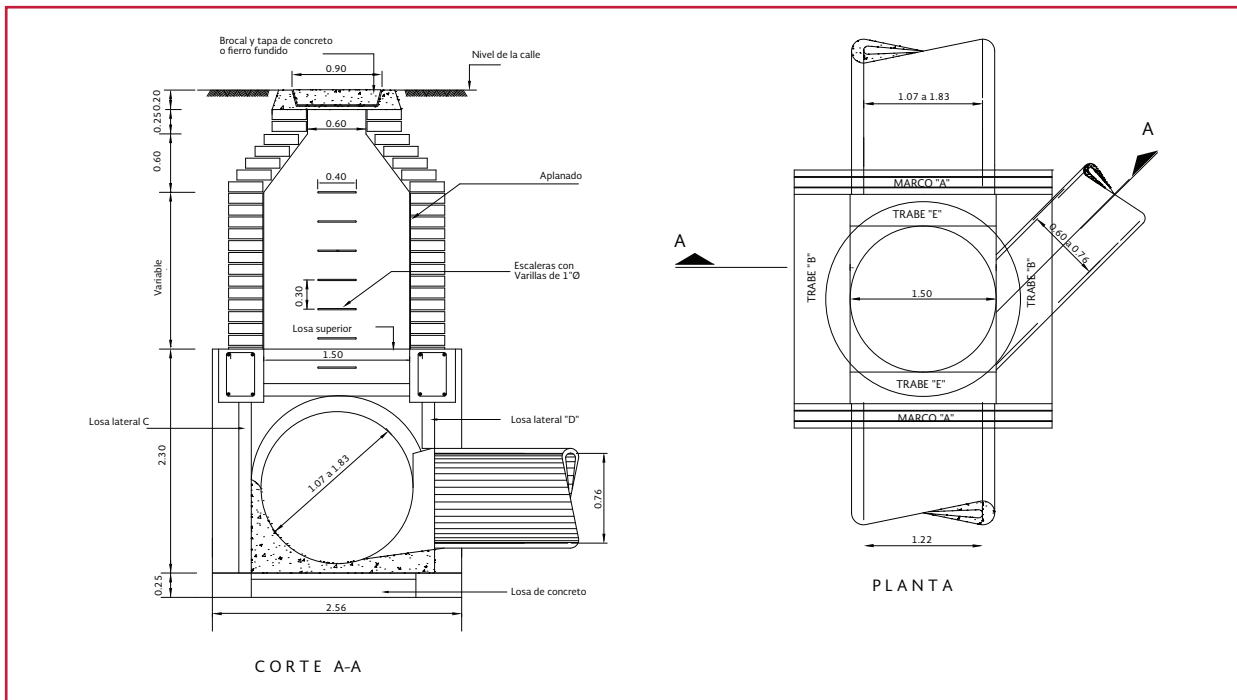




Ilustración 2.32 Pozo tipo caja



con entronques a 45 grados con tuberías de hasta 1.22 m de diámetro y el tipo 2, el cual se usa en tuberías con diámetros de hasta 2.13 m, con entronques a 45 grados de tuberías de hasta 1.52 m de diámetro (ver Ilustración 2.33).

### 2.3.5.2 Pozos caja de deflexión

Se les nombra de esta forma a los pozos caja a los que concurre una tubería de entrada y tienen solo una de salida, con un ángulo de 45 grados como máximo. Se utilizan en tuberías de 1.52 a 3.05 m de diámetro (ver Ilustración 2.34).

## 2.3.6 ESTRUCTURAS DE CAÍDA

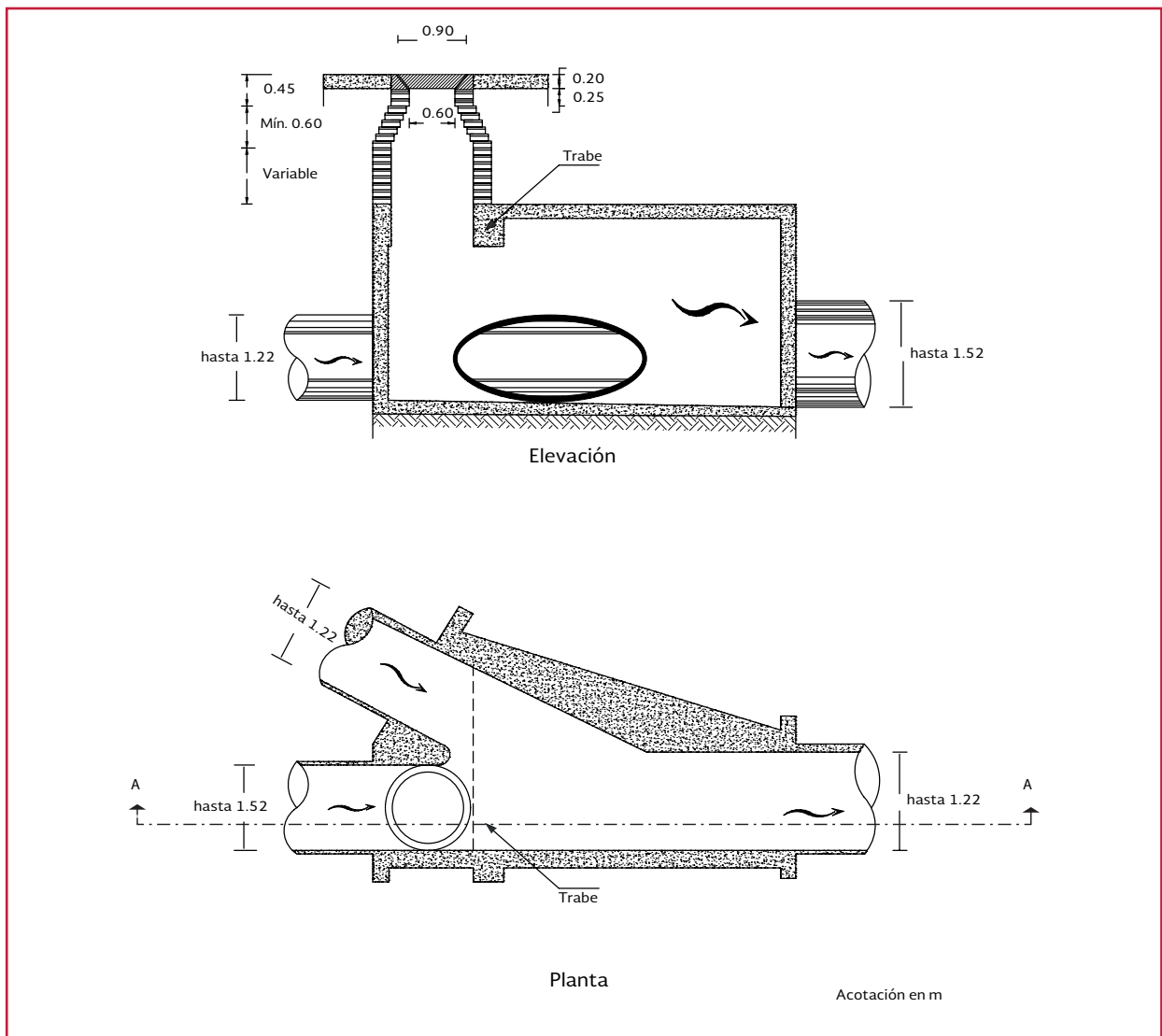
Por razones de carácter topográfico o por tenerse elevaciones obligadas para las plantillas de algunas tuberías, suele presentarse la necesidad de construir estructuras que permitan efectuar

en su interior los cambios bruscos de nivel haciendo necesario la construcción de estructuras de caída.

Las estructuras de caída que se utilizan son:

- **Caídas libres.** Se permiten caídas de hasta 0.50 m dentro del pozo sin la necesidad de utilizar alguna estructura especial
- **Pozos con caída.** Son pozos constituidos también por una caja y una chimenea de tabique, en cuyo 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 una altura de caída de hasta 1.50 m
- **Estructuras de caída escalonada.** Son estructuras con caída gradual cuya variación es de 0.50 en 0.50 m hasta llegar a 2.50 m (cinco tramos) como máximo,

Ilustración 2.33 Pozo caja de unión tipo 1 y tipo 2



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 la plantilla de salida. Este tipo de estructuras se emplean en tuberías con diámetros de 0.91 a 2.44 m (ver Ilustración 2.35)

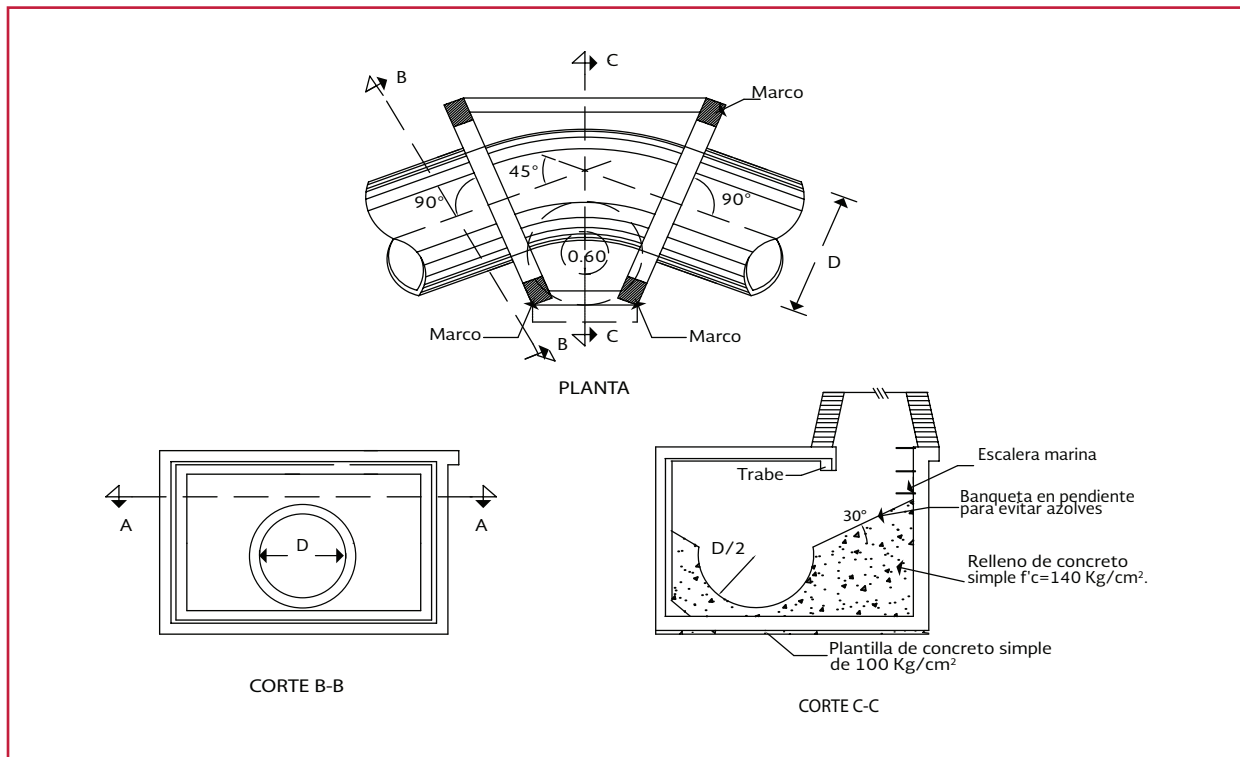
- **Pozos con caída adosada.** Son pozos de visita comunes, a los que se les construye lateralmente una estructura que permite la caída en tuberías de 0.20 y 0.25 m de

diámetro, con un desnivel de hasta 2.00 m (ver Ilustración 2.36)

### 2.3.7 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, pueden

Ilustración 2.34 Pozo caja deflexión



instalarse sifones invertidos. Los principales tipos de sifones son los que se indican a continuación (ver Ilustración 2.37).

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

Las ramas oblicuas se emplean para cruces de obstáculos, en terrenos que no presentan grandes dificultades de ejecución y cuando se cuenta con suficiente desarrollo (ver Ilustración 2.38).

El pozo vertical y los sifones de ramas verticales se emplean cuando se tiene una o dos ramas y para emplazamientos de poco desarrollo, o en caso de grandes dificultades constructivas. Sus características de fácil limpieza y reducido espacio los hacen muy aconsejables.

Los sifones invertidos con cámaras de limpieza tienen su aplicación en obras de cruce de vías subterráneas (ver Ilustración 2.39) Es una obra de costo relativamente elevado y presenta dificultades de limpieza y fluidez, razón por la cual debe ser utilizado solamente después de un estudio comparativo con otras alternativas.





Ilustración 2.37 Sifón invertido de tres tuberías ramas oblicuas

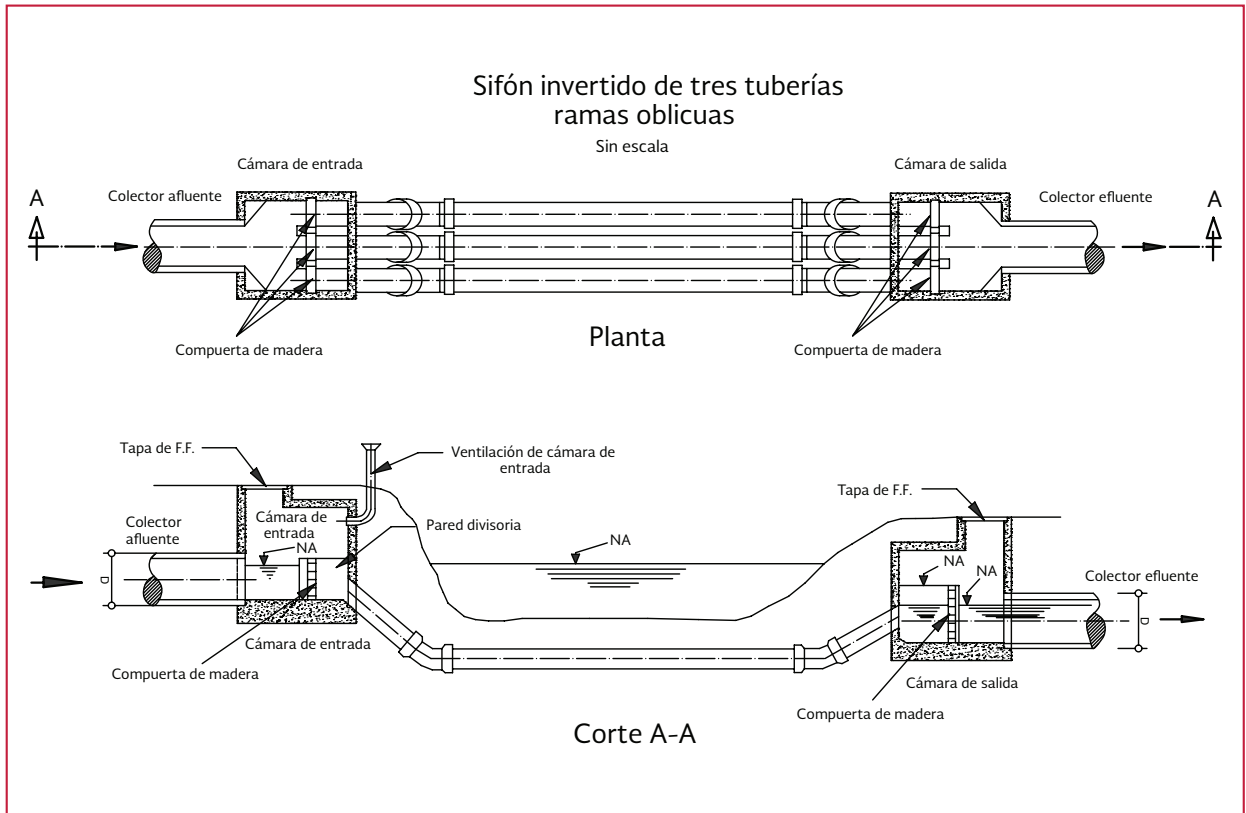


Ilustración 2.38 Sifón invertido de dos tuberías ramas verticales

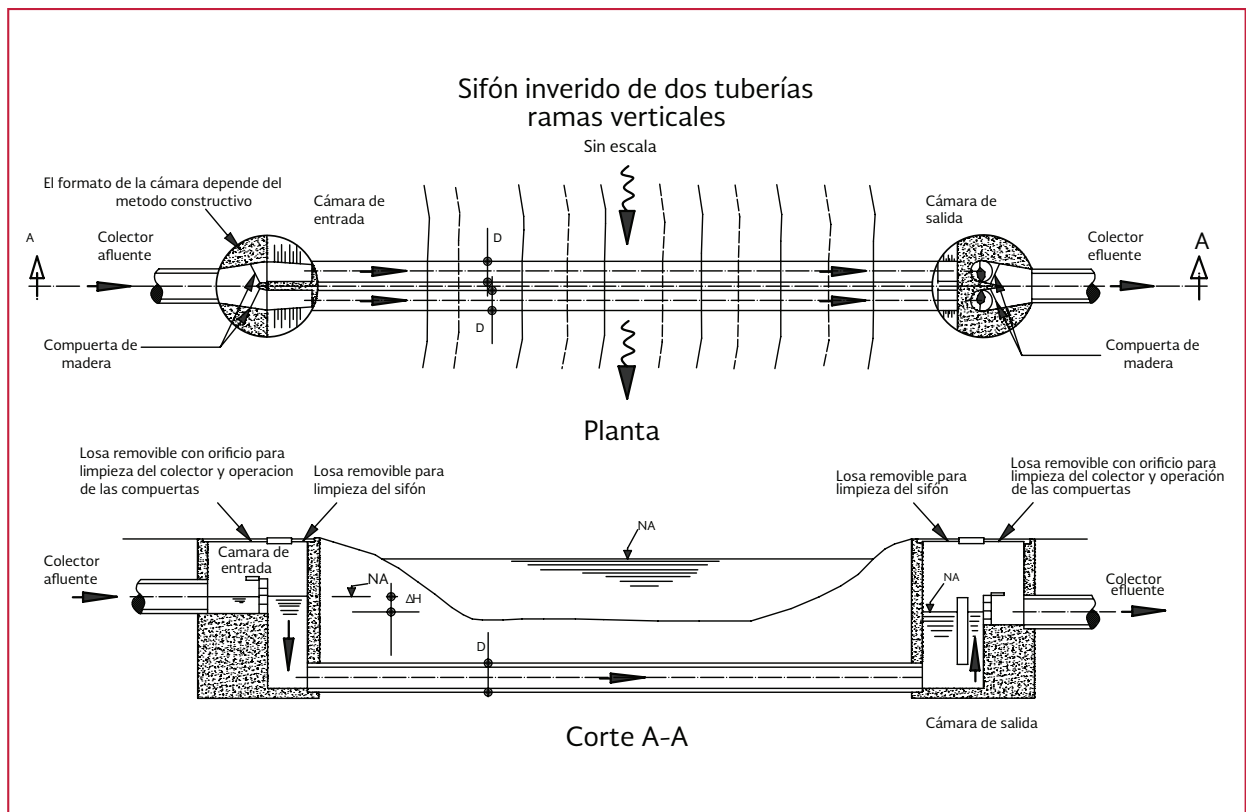
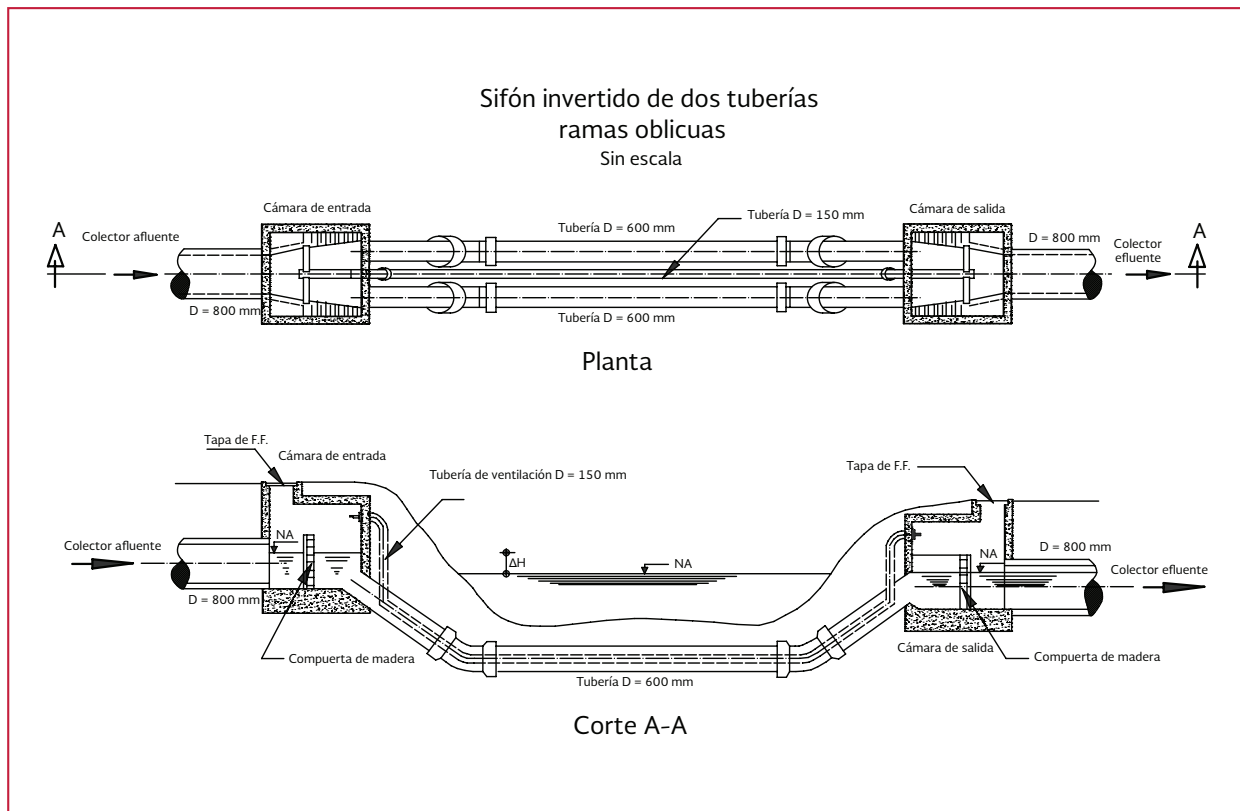


Ilustración 2.39 Sifón invertido de dos tuberías ramas oblicuas



En el diseño de los sifones invertidos, 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 con 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 200 mm, se acepta como velocidad mínima de escurrimiento la de 60 cm/segundo
- 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; sin embargo, es más frecuente el uso de hierro fundido por su facilidad de instalación.

En los casos en que el sifón invertido se construya sobre lechos o cursos de agua, se debe verificar su peso o anclar a 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, y sirve además como protección.

### 2.3.8 SEGURIDAD AL INTRODUCIRSE EN ESPACIOS CONFINADOS

Cuando el personal se introduzca en el sistema de alcantarillado sanitario se debe tener ciertos cuidados, ya que se trata de un espacio confinado donde existen ciertos riesgos que pueden conducir a accidentes. Es muy importante la precaución y la prevención para evitar un desenlace adverso.

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

- Oxígeno – entre 19.5 y 21 por ciento
- Monóxido de carbono – 35 ppm máximo
- Ácido sulfhídrico – 10 ppm máximo
- Límite inferior de explosividad (metano) – Menor al 10 por ciento

Se debe destapar un pozo de visita adicional al pozo al que se va a entrar para propiciar la ventilación. También se debe ventilar antes y durante la presencia del personal dentro del espacio confinado. La ventilación puede hacerse mediante la extracción de aire por el pozo de visita más próximo al pozo al que se va a entrar, o bien introduciendo aire forzado al pozo de visita al que se va a entrar. O bien usar una combinación de ambas ventilaciones.

La ventilación mediante la extracción de aire por el pozo de visita inmediatamente próximo es la opción normalmente recomendada. Los trabajadores que accedan 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 iluminación suficiente dentro del espacio confinado. Se debe contar con un tripié clasificado para uso humano para facilitar el acceso y salida del espacio confinado. Mientras el operador se encuentre dentro del pozo de visita, se debe contar con personal de apoyo del acceso al 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 llenar un formulario y ser firmado por el o los operadores que se van a introducir en el espacio confinado, así como por el supervisor que está ordenando la introducción de personal al espacio confinado, donde ambas partes estén de acuerdo con que se han cubierto todas las medidas de seguridad antes mencionadas. En caso de no llenarse el formulario a satisfacción de ambas partes, no se deberá introducir personal al espacio confinado.

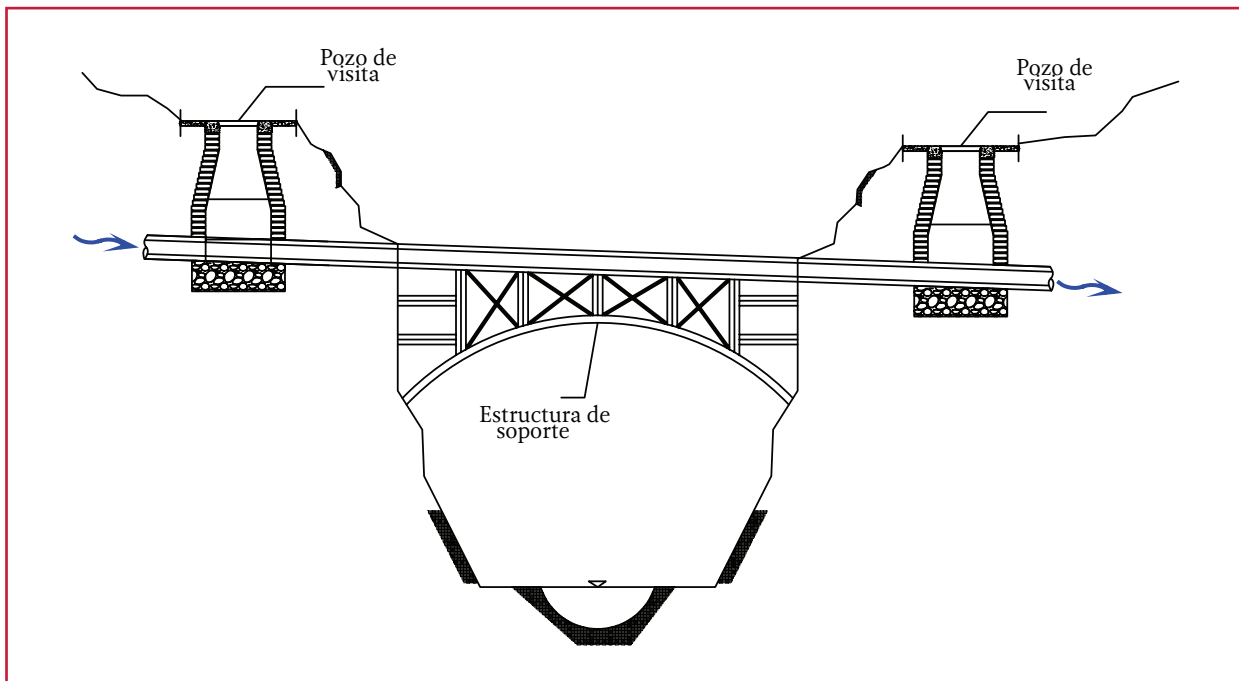
## 2.4 CRUCES

### 2.4.1 CRUCES ELEVADOS

Cuando, por necesidad del trazo, se tiene que cruzar una depresión profunda, como cañadas o barrancas de poca anchura, suele lograrse por medio de una estructura que soporta 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 (ver Ilustración 2.40).



Ilustración 2.40 Cruce con estructura de acero



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; esta 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.

#### 2.4.2 CRUCES SUBTERRÁNEOS CON CARRETERAS Y VÍAS DE FERROCARRIL

Para este tipo de cruzamientos, la práctica común es usar tubería de acero con un revestimiento de concreto. En algunos casos, el revestimiento se coloca únicamente para proteger la tubería de acero del medio que la rodea; en otros casos, 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. El tipo de cruce elegido debe contar con la aprobación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

En cruces ferroviarios, una solución factible cuando el diámetro de la tubería de alcantarillado es menor o igual a 300 mm, 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 construirse de acuerdo con las especificaciones de FFCC, cuyo personal debe aprobar el proyecto.

#### 2.4.3 CRUCES SUBTERRÁNEOS CON RÍOS, ARROYOS O CANALES

En este tipo de cruzamientos, se debe tener especial cuidado en desplantar el cruzamiento a una

profundidad tal que la socavación de la corriente no afecte la estabilidad de este. Se recomienda hacer este tipo de cruzamiento subterráneo con tubería de acero, revestida de concreto simple o reforzado, según lo requiera el diseño correspondiente. Se considera una buena práctica colocar sobre el revestimiento en forma integral un lavadero de concreto que siga la pendiente del cauce, para no alterar el régimen de la corriente. Este revestimiento que se menciona servirá para atracar la tubería, tanto en columpios como en crestas. Si no existe 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 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.

## 2.5 ESTACIONES DE BOMBEO

Las 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 generalmente ubicado a una mayor elevación, para satisfacer ciertas necesidades. Las instalaciones civiles y electromecánicas básicas de una estación típica de bombeo son las siguientes:

- Cárcamo de bombeo
- Subestación eléctrica
- Equipo de bombeo
- Motor eléctrico
- Controles eléctricos

- Arreglo de la descarga
- Equipo de maniobras
- Patio de maniobras
- Caseta de vigilancia y control
- Arreglo de conjunto

### 2.5.1 CÁRCAMO DE BOMBEO

Un cárcamo de bombeo es una estructura en donde descarga el colector, interceptor o emisor de aguas residuales 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
  - Pantalla
  - Rejillas primarias
  - Desarenador y bombas de lodos
  - Rejillas secundarias
- d) Cámara de bombeo

### 2.5.2 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

La subestación eléctrica es un conjunto de elementos o dispositivos que permiten las características de energía eléctrica (voltaje, corriente, frecuencia, etc); tipo corriente alterna a corriente continua, o bien conservar 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

### 2.5.3 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 residuales o tratadas son los siguientes:

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

Aun 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 esta aplicación denominadas genéricamente como bombas inatascables, cuyo diseño les permite operar con líquidos conteniendo sólidos de gran tamaño, 25.4 mm de diámetro (1.0") o más grandes, pastas aguadas abrasivas o bien aguas residuales crudas.

Estas bombas pueden ser sumergibles, motor y bomba, o verticales, con motor fuera del cárcamo; ambas son, normalmente, de un solo paso con impulsor abierto 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 cárcamo y aparejos, 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 este tipo, se podrán utilizar otro tipo de bombas, de lo contrario se preferirán las bombas inatascables.

### 2.5.4 MOTOR ELÉCTRICO

El motor eléctrico es el equipo que proporciona la energía motriz para el arranque de la bomba.

### 2.5.5 CONTROLES ELÉCTRICOS

Los 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.

### 2.5.6 ARREGLO DE LA DESCARGA

El arreglo de la descarga de las plantas de bombeo 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.

### 2.5.7 EQUIPO DE MANIOBRAS

En las estaciones de bombeo se requieren ciertos equipos 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 o rebombeo, se usan en las siguientes modalidades:

- Elevación y transporte de carga a lo largo de una línea de trabajo
- 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 o mantenimiento y que cubren las dos modalidades descritas, en general se utilizan los siguientes tipos de grúas:

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



# 3

## DISEÑO HIDRÁULICO

### 3.1 GENERALIDADES

### 3.1.2 PLANOS

#### 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 1.1.1. El flujo del agua debe ser a gravedad y las tuberías seguirán, en lo posible, la pendiente del terreno. En el caso de que existan en la localidad zonas sin drenaje natural, la circulación del agua en la red de atarjeas también deberá ser por gravedad. El agua residual tendrá que recolectarse en una estación de planta de bombeo localizado donde el colector tenga la cota de plantilla más baja, para después enviarla mediante un emisor a presión, a zonas de la red de atarjeas o colectores, que drenen naturalmente. La Ilustración 3.1 presenta el diagrama de flujo para el diseño de redes de alcantarillado.

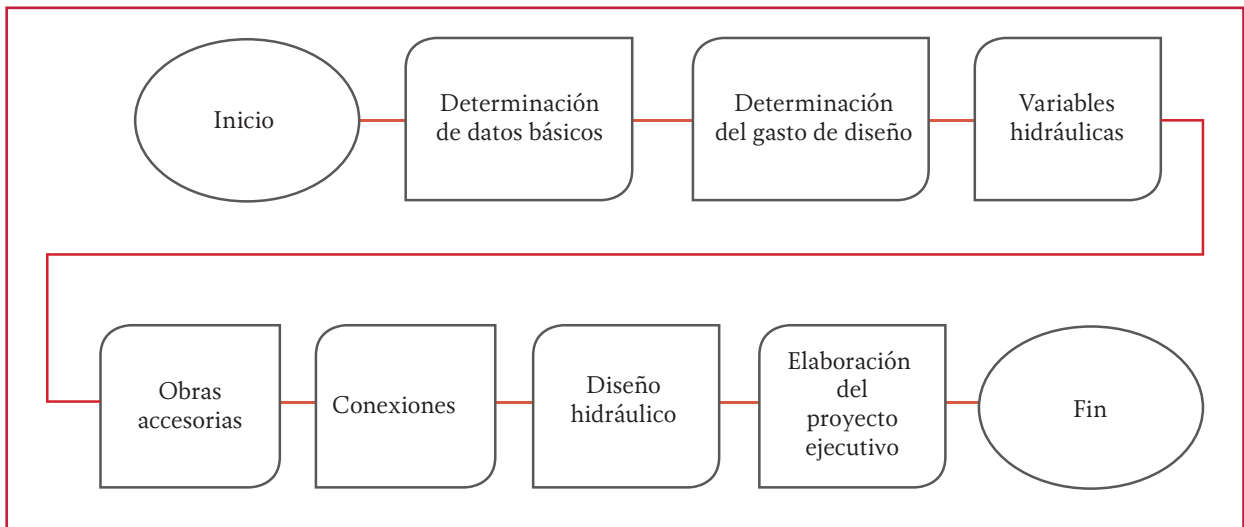
#### 3.1.2.1 Planos topográficos

Plano topográfico, escala 1:1 000 o 1:2 000, dependiendo del tamaño de la localidad, con información producto de 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 (ver Ilustración 3.2).

#### 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

Ilustración 3.1 Diagrama de flujo para el diseño de redes



(SUCS) conforme a sondeos verticales estándar mismos que deberán ser localizados en planos.

### 3.1.2.3 Plano actualizado de la red

En el caso de que una red existente se vaya a ampliar o a rehabilitar, se deben localizar los pozos de visita y cajas existentes, 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 y el uso final de las aguas residuales (ver Ilustración 3.3).

### 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, ya que de esto, depende el gasto de aporte y debe considerarse en el trazo la infraestructura existente.

### 3.1.2.5 Planos de uso actual del suelo

Se deben localizar las diferentes zonas habitacionales con sus respectivas densidades de población, las zonas comerciales, las zonas industriales, las zonas públicas y las áreas verdes (ver Ilustración 3.4). Con este plano, se puede establecer el número de lotes, su forma y la vialidad a donde pueden descargar las aguas residuales.

### 3.1.2.6 Plano de uso futuro del suelo

Es necesario identificar los planes de desarrollo de la localidad. En el plano deberán loca-

lizarse 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.

### 3.1.2.7 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 u otros), oleoductos, gasoductos y electricidad, etcétera.

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

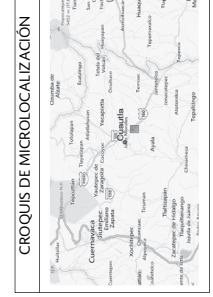
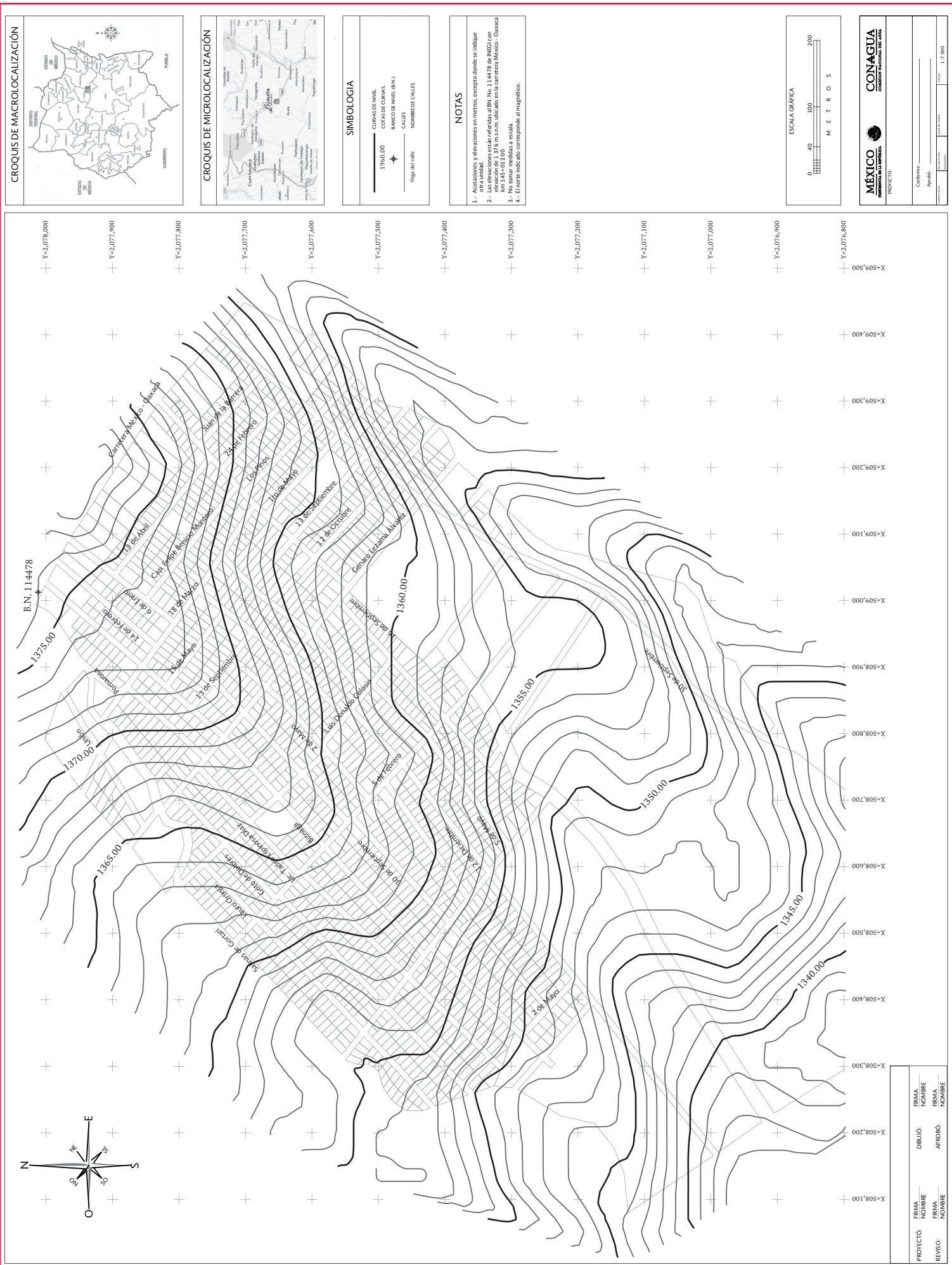
### ***Nota importante***

Debido a la dimensión del libro, todos los planos contenidos se presentan a una escala diferente de la que se recomienda en el texto, sin embargo la escala de los planos deberá ser tal que:

- Permita un adecuado manejo de los planos impresos en campo
- Permita identificar todos los elementos de forma clara
- El tamaño de fuente debe ser como mínimo de 2 mm
- Se aproveche todo el espacio disponible en el papel
- Se utilicen escalas básicas y cerradas, es decir 1:100, 1:500, 1:1000, 2 000, 1: 5000

A demás de atender todas las especificaciones establecidas en el libro de *Proyectos ejecutivos del MAPAS*.

Ilustración 3.2 Plano topográfico

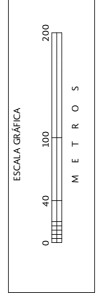


### SIMBOLOGÍA

	CURVAS DE NIVEL
	COTAS DE CURVAS
	BANCO DE NIVEL (B.N.)
	CALLES
	NOMBRE DE CALLES
	Vega de valle

### NOTAS

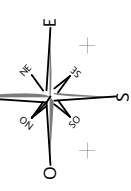
- 1.- Aciudaciones y elevaciones en metros, excepto donde se indique otra unidad.
- 2.- Las elevaciones están referidas al IGN No. 114478 de INEGI con un datum ubicado en la cartografía Nacional - Coahuila km 14.51-012.00.
- 3.- No tomar medidas a escala.
- 4.- El área de indicación corresponde al gráfico.



PROYECTO

CONAGUA

Confirmé: _____ Aprobó: _____	Fecha: _____ Hora: _____
Proyecto: _____ Ubicación: _____	Escala: _____ Hoja: 17 DE 200



PROYECTO	DIBUJO	FIRMA	FIRMA
FIRMA NOMBRE	FIRMA NOMBRE	FIRMA NOMBRE	FIRMA NOMBRE
FIRMA NOMBRE	FIRMA NOMBRE	FIRMA NOMBRE	FIRMA NOMBRE



Ilustración 3.3 Plano actualizado de la red

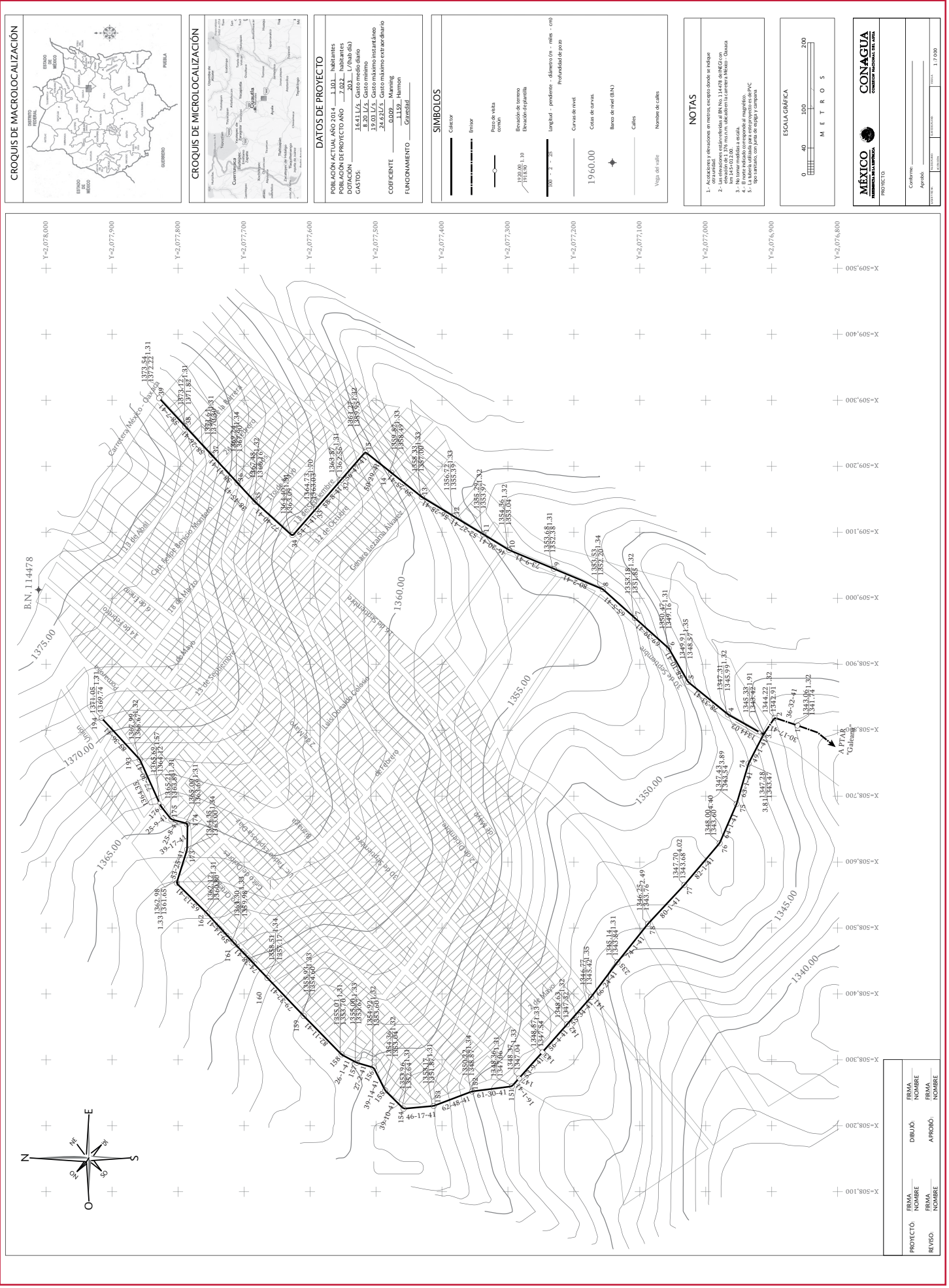


Ilustración 3.4 Plano de uso de suelo y catastro



**CROQUIS DE MACROLOCALIZACIÓN**

**CROQUIS DE MICROLOCALIZACIÓN**

**DATOS DE PROYECTO**  
 POBLACION ACTUAL AÑO 2014: 1,100 habitantes  
 POBLACION DE PROYECTO AÑO 2022: habitantes

**SIMBOLOS**

- Predios domésticos
- Predios comerciales
- Predios públicos
- Predios baldíos

**ESCALA GRAFICA**

M E T R O S

**MEXICO**  
**CONAGUA**  
 COMISIÓN NACIONAL DE VALUACIÓN

PROYECTO: \_\_\_\_\_  
 Conforme: \_\_\_\_\_  
 Aprobado: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_  
 HOJA: 1 DE 2

PROYECTO:	FIRMA:	DIBUJÓ:	FIRMA:
REVISÓ:	NOMBRE:	APROBÓ:	NOMBRE:
	FIRMA:		FIRMA:
	NOMBRE:		NOMBRE:

### 3.1.3 GASTOS DE DISEÑO

Para el cálculo de los gastos de diseño en las redes de alcantarillado, se puede consultar el apartado 3.2.1 del libro *Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado* 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.

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 cumplir con la NOM-001-CONAGUA-2011, por lo que no se adicionará al caudal de aguas residuales el volumen por infiltraciones.

#### 3.1.3.1 Gasto medio anual

Es el valor del caudal de aguas residuales en un día de aportación promedio al año.

La CONAGUA considera, para el diseño de una nueva red que el alcantarillado deben cons-

truirse herméticamente, por lo que no se adicionará al caudal de aguas residuales, el volumen por infiltraciones.

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

$$Q_{MED} = \frac{A_p P}{86\,400} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

donde:

- $Q_{MED}$  = Gasto medio de aguas residuales en L/s
- $A_p$  = Aportación de aguas residuales por día, en L/hab
- $P$  = Población, en número de habitantes
- 86 400 = Segundos en un día, s/día

Para localidades con zonas industriales, que aportan al sistema de alcantarillado volúmenes considerables, se debe adicionar al gasto medio, el gasto de aportación industrial que se obtiene de aforos en las decargas.

#### 3.1.3.2 Gasto mínimo

El gasto mínimo,  $Q_{min}$  (Ecuación 3.2) es el menor de los valores de escurrimiento que normalmente se presenta en un conducto. Se acepta que este valor es igual a la mitad del gasto medio.

$$Q_{MIN} = 0.5Q_{MED} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

En la Tabla 3.1 se muestran valores del gasto mínimo que también pueden ser usados en el diseño de atarjeas. Se observa que el límite inferior es de 1.5 L/s, lo que significa que en los tramos iniciales de las redes de alcantarillado, cuando

Tabla 3.1 Gasto mínimo de aguas residuales

Diámetro (cm)		Inodoros de 16 litros		Inodoros de 8 o 6 litros	
		Aportación por descarga (L/s)	Gasto mínimo de aguas residuales (L/s)	Aportación por descarga (L/s)	Gasto mínimo de aguas residuales (L/s)
20	1	1.5	1.5	1.0	1.0
25	1	1.5	1.5	1.0	1.0
30	2	1.5	3.0	1.0	2.0
38	2	1.5	3.0	1.0	2.0
46	3	1.5	4.5	1.0	3.0
61	5	1.5	7.5	1.0	5.0
76	8	1.5	12.0	1.0	8.0
91	12	1.5	18.0	1.0	12.0

resulten valores de gasto mínimo menores a 1.5 L/s, se debe usar este valor en el diseño.

Es conveniente mencionar, que 1.5 L/s es el gasto que genera la descarga de un excusado con tanque de 16 litros (inodoro antiguo). Sin embargo, actualmente existe una tendencia a la implantación de muebles de bajo consumo, que utilizan solamente 6 litros y que arrojan un gasto promedio de 1.0 L/s, por lo que se podrá utilizar este último valor en algunos tramos iniciales de la red, siempre y cuando se pueda considerar que en dichos tramos existen este tipo de aparatos.

### 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. Para evaluar este gasto se considera la cantidad de habitantes servidos y no tiene relación con las condiciones socioeconómicas de la población.

El gasto máximo instantáneo se obtiene a partir del coeficiente de Harmon ( $M$ ):

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad \text{Ecuación 3.3}$$

donde:

$P$  = Población servida acumulada hasta el punto final (aguas abajo) del tramo de tubería considerada en miles de habitantes

Este coeficiente de variación máxima instantánea, se aplica considerando que:

- En tramos con una población acumulada menor a los 1 000 habitantes, el coeficiente  $M$  es constante e igual a 3.8
- Para una población acumulada mayor que 100 000, el coeficiente  $M$  se considera constante e igual a 2.0, es decir, se acepta que su valor a partir de esa cantidad de habitantes, no sigue la Ley de variación establecida por Harmon

Lo anterior resulta de considerar al alcantarillado como un reflejo de la red de distribución de agua potable, ya que el coeficiente  $M$  se equipara con los coeficientes de variación del gasto, que para la estimación del coeficiente de Harmon se considera  $CV_d = 1.3$  (valor medio entre 1.2 y 1.4) y  $CV_h = 1.55$ , lo anterior implica que  $M = 1.30 (1.55) = 2.0$ .

Así, la expresión para el cálculo del gasto máximo instantáneo es:

$$Q_{Minst} = MQ_{MED} \quad \text{Ecuación 3.4}$$

donde:

$Q_{Minst}$  = Gasto máximo instantáneo, en L/s  
 $M$  = Coeficiente de Harmon o de variación máxima instantánea

#### 3.1.3.4 Gasto máximo extraordinario

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

En función de este gasto se determina el diámetro adecuado de los conductos, ya que brinda un margen de seguridad para prever los excesos en las aportaciones que pueda recibir la red, bajo esas circunstancias.

En los casos en que se diseñe un sistema nuevo apegado a un plan de desarrollo urbano que impida un crecimiento desordenado y se prevea que no existan aportaciones pluviales de los predios vecinos, ya que estas serán manejadas por un sistema de drenaje pluvial por separado, el coeficiente de seguridad será uno.

En los casos en que se diseñe la ampliación de un sistema existente de tipo combinado, previendo las aportaciones extraordinarias de origen pluvial, se podrá usar un coeficiente de seguridad de 1.5.

La expresión para el cálculo del gasto máximo extraordinario resulta:

$$Q_{Mext} = CSQ_{Minst} \quad \text{Ecuación 3.5}$$

donde:

$Q_{Mext}$  = Gasto máximo extraordinario, en L/s  
 $CS$  = Coeficiente de seguridad

En caso de que el alcantarillado sanitario sea separado del alcantarillado pluvial, el coeficiente de seguridad es igual a uno.

### 3.1.4 VARIABLES HIDRÁULICAS

#### 3.1.4.1 Velocidades

##### **Velocidad mínima**

La velocidad mínima es aquella que no permite depósito de sólidos en las atarjeas, que provoque azolves y taponamientos. La velocidad mínima permisible es de 0.3 m/s, considerando el gasto mínimo calculado según se indica en el apartado 3.1.3.2. Adicionalmente, debe asegurarse que el tirante calculado bajo estas condiciones tenga un valor mínimo de 1.0 cm, en casos de pendientes fuertes, y de 1.5 cm, en casos normales.

##### **Velocidad máxima**

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

Tabla 3.2 Velocidades máximas y mínimas permisibles en tuberías

Material de la tubería	Velocidad (m/s)	
	Máxima	Mínima
Concreto simple	3	0.3
Concreto reforzado	3.5	0.3
Acero	5	0.3
Fibrocemento	5	0.3
Polietileno	5	0.3
Policloruro de vinilo (PVC)	5	0.3

### 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 los tubos.

Las pendientes de la tubería 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 3.1.4.1 y la ubicación y topografía de los lotes a los que se dará servicio.

En los casos especiales en donde las pendientes del terreno sean muy grandes, es conveniente que para el diseño se consideren tuberías de materiales que soporten velocidades altas y se debe hacer un estudio técnico economi-

co de tal forma que se pueda tener, sólo en casos extraordinarios y en tramos cortos velocidades de hasta 5 m/s. En la Tabla 3.3 y la Ilustración 3.5 aparecen las pendientes mínimas recomendadas para los diferentes tipos de tuberías. Estas pendientes podrán modificarse en casos especiales, previo análisis particular y justificación.

### 3.1.4.3 Diámetros

#### **Diámetro mínimo**

La experiencia en la conservación y operación de los sistemas de alcantarillado ha demostrado que, para evitar obstrucciones, el diámetro mínimo que se recomienda en la red de atarjeas de un sistema de drenaje separado es de 200 mm, sin embargo solo en casos particulares se puede considerar como mínimo un diámetro de 300 mm, de acuerdo con la reglamentación local y las condiciones específicas del sitio.

#### **Diámetro seleccionado**

El diámetro seleccionado estará en función de los apartados 2.1, 3.1.3 y 3.1.4, y lo considerado en 3.11.1.

Ilustración 3.5 Pendientes mínimas recomendadas para  $v=0.6$  m/s a tubo lleno

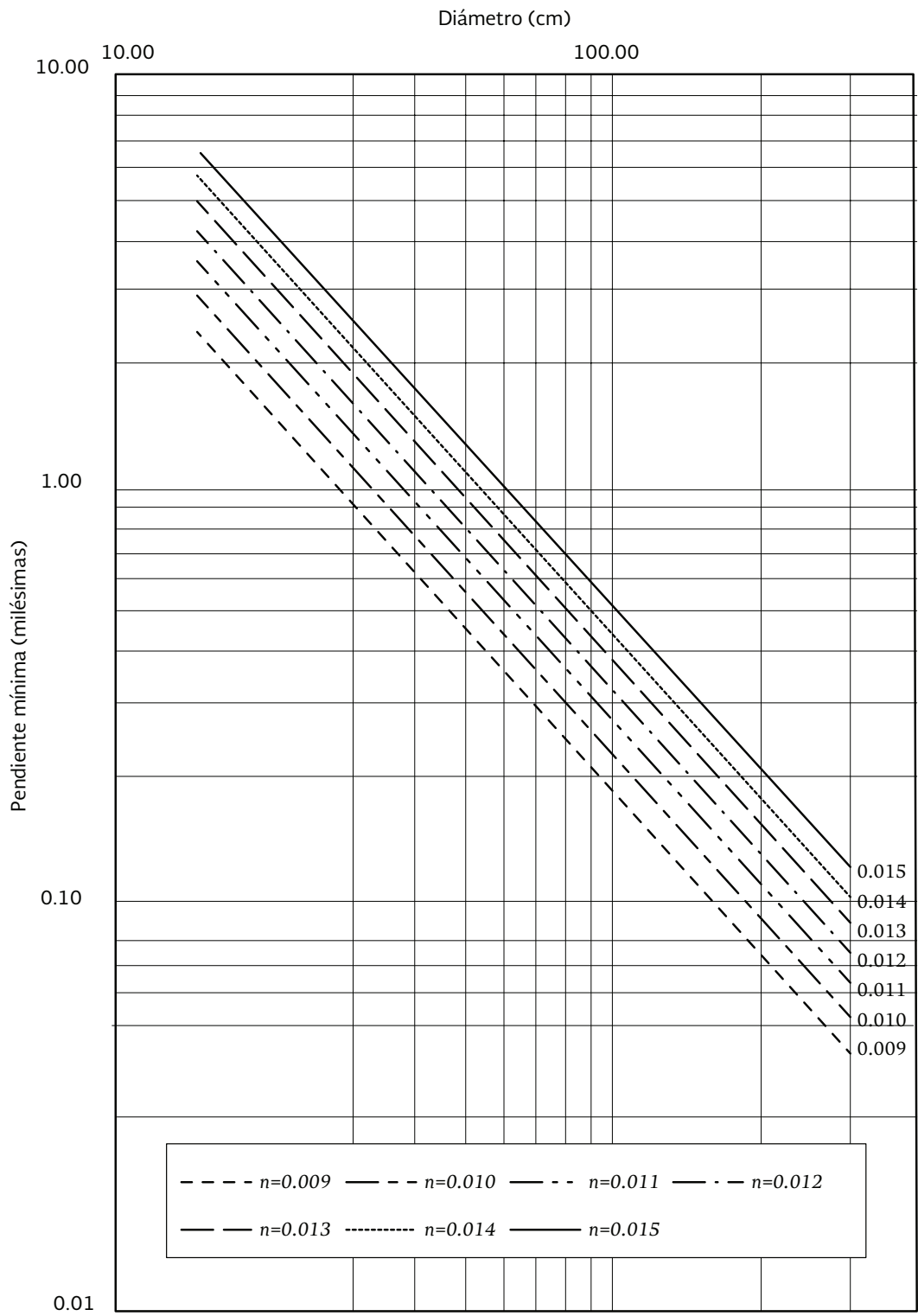


Tabla 3.3 Pendientes mínimas por tipo de tubería

Tipo de tubería, diámetro en cm, pendiente mínima en milésimas.										
Coeficiente de fricción =0.013			Coeficiente de fricción =0.014		Coeficiente de fricción =0.010			Coeficiente de fricción =0.009		
C.S. diámetro (cm)	C.R. diámetro (cm)	Pen. Min. (milésimas)	AC. diámetro (cm)	Pen. Min. (milésimas)	FC. diámetro (cm)	Pen. Min. (milésimas)	PEAD diámetro (cm)	PVC (Métrico) diámetro (cm)	PVC (Inglés) diámetro (cm)	Pen. Min. (milésimas)
15			17	5.0	15	3.0	15	16.0	15	2.5
20		4.0	22	4.0	20	2.0	20	20.0	20	2.0
25		2.5	27	3.0	25	1.5	25	25.0	25	1.5
30	30	2.0	32	2.5	30	1.5	30	31.5	30	1.0
38	38	1.5	36	2.0	35	1.0	35		37.5	0.7
			41	1.5	40	0.8	40	40.0		0.7
45	45	1.2	46	1.3	45	0.7	45		45	0.6
			51	1.1	50	0.6	50	50.0	52.5	0.5
							55			0.5
60	60	0.8	61	0.9	60	0.5	60	63.0	60	0.4
							65			0.4
							70			0.3
76	76	0.6			75	0.4	75			0.3
							80			0.3
							81			0.3
							85			0.3
	91	0.5			90	0.3	90			0.3
					100	0.3				
	107	0.4			110	0.3				
	122	0.3			120	0.2				
					130	0.2				
					140	0.2				
	152	0.3			150	0.2				
					160	0.2				
					170	0.2				
	183	0.2			180	0.2				
					190	0.1				
					200	0.1				
	213	0.2								
	244	0.2								
	305	0.1								

### 3.1.5 PROFUNDIDADES DE ZANJAS

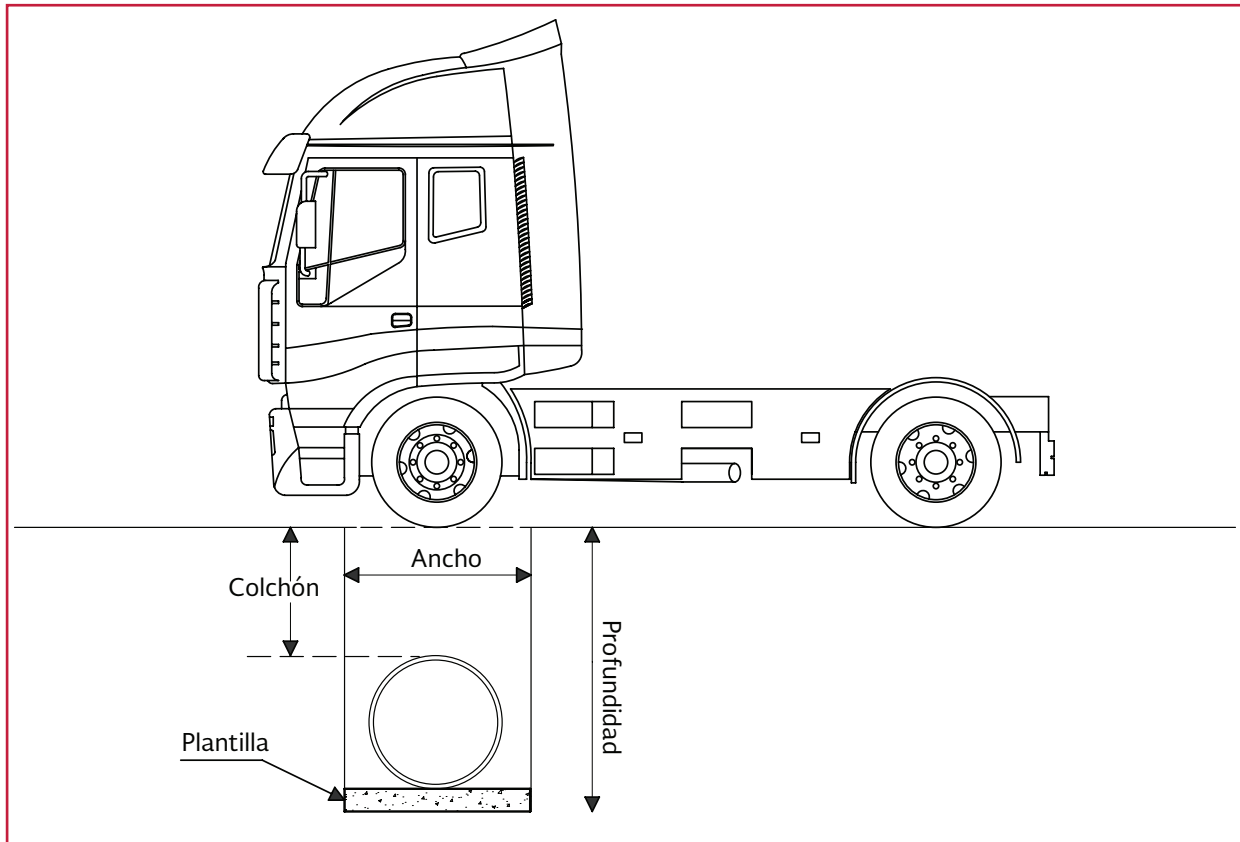
Las tuberías se instalan superficialmente, enterradas o una combinación de ambas, dependiendo de la topografía, material de tubería y características del terreno. Normalmente las tuberías para alcantarillado sanitario se instalan enterradas (Ilustración 3.6). Para lograr la máxima protección de las tuberías, se recomienda colocarlas en zanjas, de acuerdo con lo señalado en el capítulo 5. La pro-

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

- Profundidad mínima o colchón mínimo. Depende de la resistencia de la tubería a las cargas exteriores. La Ilustración 3.6 indica, mediante un croquis, las características básicas de una zanja
- Topografía y trazo. Influyen en la profundidad máxima que se le da a la tubería



Ilustración 3.6 Características de una zanja



- 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 evitar rupturas del conducto ocasionadas por cargas vivas; para ello se usa 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 capítulo 5 se presentan los colchones mínimos recomendados para los diferentes materiales y clases de tuberías.

La profundidad mínima de la zanja también debe permitir la correcta conexión del 100 por ciento 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 por ciento), y el registro interior más próximo al paramento del predio tenga una profundidad mínima de 60 cm.

Asimismo, deben tomarse en cuenta los manuales de instalación de cada material.

#### 3.1.5.2 Profundidad máxima

La profundidad máxima es función de la topografía del lugar. Hay que evitar excavar demasiado. La profundidad máxima será aquella que no ofrezca dificultades constructivas mayores durante la excavación, de acuerdo con las características del terreno en que quedará alojada la tubería, y tomando en consideración la resistencia a la compresión o rigidez de las tuberías, para lo cual se debe tener el análisis respectivo en el que se tomará en cuenta el material de relleno, el tipo de plantilla o cama, grado de compactación principalmente del material que rodea al tubo denominado comúnmente acostillado, 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.

#### 3.1.5.3 Plantilla o cama

Con el fin de satisfacer las condiciones de estabilidad y asiento de la tubería es necesaria la cons-

trucción de un encamado en toda la longitud de la misma.

Deberá excavarse 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 la plantilla apisonada.

El espesor de la plantilla o cama será de 10 cm y de 5 cm el espesor mínimo sobre el eje vertical de la tubería.

El tipo de plantilla, así como las consideraciones para distintos tipos de tubería se presentan en el capítulo 5.

### 3.1.6 OBRAS ACCESORIAS

Como complemento a lo indicado en el capítulo 2, a continuación se resume la información requerida en el diseño hidráulico de la red de alcantarillado.

Las obras accesorias son aquellas obras o dispositivos, complementarias de las tuberías o conductos, que son esenciales para el buen funcionamiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, permiten la inspección y limpieza de las alcantarillas, disipan la energía con que llega el agua y ayudan en la unión de varias tuberías en los cambios de diámetro, dirección y pendiente. En la Tabla 3.4 se observan los tipos de pozo de visita que se deben instalar en función del diámetro de llegada y salida.

De acuerdo a sus características particulares las estructuras en la conducción se clasifican en pozos de visita, cajas unión y disipadores de energía, (cajas con caída).

Tabla 3.4 Tipos de pozos de visita

Tipo y diámetro de la tubería de salida en cm														
Tipo y diámetro de la tubería de entrada en cm														
CS	CR	AC	FC	PEAD	PVC <sub>m</sub>	PVC <sub>i</sub>	15	20	25	30	38	45	60	CS
15		17	15	15	16	15	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	E1
20		22	20	20	20	20	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	E1
25		27	25	25	25	25		PC	PC	PC	PC	PC	PC	E1
30	30	32	30	30	31.5	30		PC	PC	PC	PC	PC	PC	E1
38	38	36	35	35		37.5		PC	PC	PC	PC	PC	PC	C1
45	45	41	40	40	40	40		PC	PC	PC	PC	PC	PC	C1
		46	45	45		45		PC	PC	PC	PC	PC	PC	C1
		51	50	50	50	52.5					PC	PC	PC	C1
				55									C1	C1
60	60	61	60	60	63	60							C1	C1
				65										C2
				70										C2

CS.- Tubería de concreto simple  
 CR.- Tubería de concreto reforzado  
 AC.- Tubería de acero  
 FC.- Tubería de fibrocemento  
 PEAD.- Tubería de polietileno

PC.- Pozo común  
 E1.- Pozo especial tipo 1  
 E2.- Pozo especial tipo 2  
 C1.- Pozo caja tipo 1  
 C2.- Pozo caja tipo 2

PVC (ing).- Tubería de PVC, inglés  
 PVC (met).- Tubería de PVC, métrico  
 U2.- Caja de unión tipo 2

U1.- Caja de unión tipo 1  
 C3.- Pozo caja tipo 3













### 3.1.6.1 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, 100 m
- En tramos de diámetro mayor a 61 cm y menor o igual a 122 cm, 125 m
- En tramos de diámetro mayor a 122 cm y menor o igual a 305 cm, 150 m

Estas separaciones pueden incrementarse de acuerdo con las distancias de los cruceros de las calles, como máximo un 10 por ciento.

### 3.1.6.2 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

- Si el diámetro es mayor de 122 cm y menor o igual a 305 cm, los cambios de dirección son hasta 45 grados, y deben hacerse en un pozo caja de deflexión
- Si se requieren dar deflexiones más grandes que las permitidas, deberán emplearse el número de pozos que sean necesarios, respetando el rango de deflexión permisible para el tipo de pozo

### 3.1.6.3 Pozos de visita construidos en sitio

#### **Pozo de visita Común**

Los pozos comunes (PC) tienen un diámetro interior inferior de 1.20 m y se utilizan con tuberías de 200 mm hasta 610 mm de diámetro (ver Plano B.1 y Plano B.2, del anexo B).

La profundidad mínima que se maneja para este tipo de pozo es 1.00 m hasta la profundidad indicada en el proyecto.

La base superior de todos los pozos de visita será de 0.60 m de diámetro interior.

#### **Pozo de visita Tipo Especial Para tuberías de 760 a 1 070 mm de diámetro**

El pozo de visita Tipo Especial 1 (E1) para deflexión presenta un diámetro interior inferior de 1.50 m para tuberías de 0.76 a 1.07 m de diámetro (ver Plano B.3, del anexo B).

La profundidad mínima que se maneja por lo general para este tipo de pozo es de 1.50 metros.

***Pozo de visita Tipo Especial para tuberías de 1 220 mm de diámetro***

El pozo de visita Tipo Especial 2 (E2) de deflexión presenta un diámetro interior de 2.0 m para tuberías con diámetro de 1 220 mm (ver Plano B.4, del anexo B).

La profundidad mínima que se maneja para este tipo de pozo es de 2.00.

***Otros tipos de pozos de visita***

Del Plano B.5 al Plano B.8, del anexo B, se presentan algunos ejemplos de diseño de pozos de visita que a continuación se describen su uso:

***a) Pozo de visita y conexión de subcolector para colectores de 1 500 a 3 050 mm de diámetro, chimenea de concreto reforzado de 0.91 m de diámetro***

La estructura de un pozo de visita y conexión de atarjea para colectores de 1.50 a 3.05 m de diámetro, su forma es como la de un matraz, su acceso a él y la salida de gases es mediante una tapa perforada de 0.80 m de diámetro, descansa sobre un brocal de fierro fundido, le siguen tres hiladas de tabique como mínimo para permitir futuras nivelaciones, colocados sobre una base de 0.30 por 0.40 m de altura de concreto reforzado, seguido de un tubo de concreto reforzado con 8 varillas de 3/8", el cual llega directamente hasta el colector, la forma de

recubrimiento exterior del colector tiene forma octagonal; para su descenso e inspección se colocan escalones de Fo.Fo de 7/8" o 1" de diámetro a lo largo de este conducto hasta el fondo de pozo

***b) Pozo de visita para dos colectores de 1 830 mm de diámetro con caja de conexión, chimenea de concreto reforzado de 1.22 m de diámetro***

El pozo de visita del Plano B.6, está diseñado para colectores de 1.83 m de diámetro, el acceso consiste en un tubo de concreto de 1.22 m de espesor, con paredes de concreto de 0.12 m de espesor y escalera marina escalones de Fo.Fo de 7/8" o 1" de diámetro, con una separación de escalones de 0.30 m, el ancho de cada escalón será de 0.40 m con una profundidad de 0.12 m entre la pared y la varilla, la escalera debe llegar hasta el fondo del colector

***c) Pozo de visita con conexión directa a tubo de 1 830 mm, 2 130 mm o 2 440 mm de diámetro, chimenea con tubo de concreto de 0.91 m de diámetro***

Los pozos de visita para colectores de 1 830, 2 130 y 2 440 mm de diámetro pueden ser construidos como se aprecia en el Plano B.7, su acceso a la superficie se realiza mediante una tapa de 0.60 m de diámetro que descansa en un brocal, seguido de tres hiladas de tabique a plomo como mínimo, posteriormente un número de hiladas de tabique como se muestra en el Plano B.4, la disposición indicada es el mínimo que se puede usar, estos tabiques descansan sobre un firme de 0.25 m de altura, del cual baja

un conducto de 0.91 m de diámetro con paredes de concreto de 0.075 m de espesor, el espacio entre el tubo y los tabiques debe quedar libre de mortero. El tubo del pozo de visita descansa sobre el colector donde las varillas de refuerzo del tubo se doblarán para anclarse en las trabes. Este tipo de pozo no deberá usarse cuando  $H$  sea menor de 1.00 metros

**d) Pozo de visita con conexión directa al tubo de 2 440 mm de diámetro, chimenea de tabique de diámetro variable**

En el Plano B.8, se aprecia un ejemplo de pozo de visita con chimenea de tabique para colector de 2 440 mm de diámetro, su acceso a la superficie se realiza mediante una tapa 0.60 m de diámetro que descansa en un brocal, seguido de tres hiladas de tabique a plomo como mínimo, posteriormente se colocan otras hiladas de tabique como se muestra en el Plano B.8, la disposición indicada es el mínimo que puede usarse, estos tabiques se colocan sobre un firme de 0.25 m de altura, del cual baja un conducto de 0.76 m de diámetro con paredes de concreto de 0.11 m de espesor, el espacio entre el tubo y los tabiques debe quedar libre de mortero. El tubo de 0.91 m de altura llega a descansar sobre la chimenea de tabique a tizón la cual se ancla sobre el colector de 2 440 mm de diámetro mediante trabes con una separación de 1.20 metros

#### 3.1.6.4 Pozos de visita prefabricados

Los pozos prefabricados son estructuras que aseguran el funcionamiento de los Sistemas de Alcantarillado Sanitario y Pluvial, evitan la con-

taminación de los acuíferos o la recepción de sustancias peligrosas, su peso es relativamente ligero, lo cual asegura una fácil maniobra de instalación, pueden ser fabricados de fibrocemento, concreto u otros materiales, se entregan en obra como una unidad completa.

A continuación, se describen las características de algunos tipos de pozos prefabricados.

**a) Pozos de fibrocemento**

La estructura del pozo está constituida por un tubo, base y conexiones de fibrocemento, formando una unidad integrada y hermética que evita la contaminación e infiltración hacia los niveles freáticos.

Se fabrican según las especificaciones del proyecto, considerando la profundidad, diámetro y posición de las conexiones; esto reduce considerablemente el tiempo de instalación en el lugar de la obra, se entregan como una unidad completa, lista para ser instalada. Su peso, relativamente ligero asegura una fácil maniobra e instalación.

La máxima profundidad de una unidad es de 5.00 m, pueden suministrarse pozos de mayor profundidad si el proyecto lo requiere, esto se logra mediante el empleo de un cople con junta hermética. Para su cotización el incremento es de 0.25 metros.

La hermeticidad se garantiza con una tapa fibrocementada en la base del pozo.

La losa de la parte superior de los pozos puede ser prefabricada o construida en el lugar, generalmente es de concreto, se podrá colocar

un anillo de hule en el perímetro de la boca del pozo antes de asentar la losa, la cual sirve para dar hermeticidad al pozo y eliminar las cargas puntuales. La tapa y el brocal pueden ser de fierro fundido o de concreto.

Todas las conexiones de entrada y salida se colocan en el pozo según las especificaciones del proyecto. Los tubos se conectan a los pozos por medio del sistema de cople con anillo de hule.

Para una mejor instalación debe considerarse lo siguiente:

- Profundidad de las tuberías del nivel del terreno natural al nivel de arrastre, donde se va a colocar el pozo
- Diámetro del emisor, colector y atarjeas a conectar
- Ángulo que forman el emisor, los colectores y atarjeas de entrada y salida.
- Caídas adosadas, si se requieren.

En la Ilustración 3.7 aparecen los tipos de pozos de visita de fibrocemento integral que se fabrican actualmente.

El pozo de visita se deberá desplantar sobre una plantilla compactada con un espesor mínimo de 0.10 m, o bien sobre una base de concreto para evitar cargas puntuales, o para asegurar su posición donde el nivel freático es alto y existe peligro de flotación, debiendo quedar ahogado el pozo de visita en la base de concreto.

#### ***Pozo de visita de concreto***

Actualmente, los pozos de visita de concreto se fabrican con un diámetro interior de 1.20 m y se usan para unir tuberías de 200 a 610 mm, con entronques de hasta 450 mm de diámetro, están

constituidos por un cilindro de altura variable con tapa inferior y un cono concéntrico de 0.60 m de altura y 0.60 m de diámetro superior como se aprecia en la Ilustración 3.8.

La profundidad de estos pozos es adaptable a las necesidades del proyecto, se pueden unir dos o más segmentos de tubo de longitud de 2.5 m acoplados con junta hermética mediante el empleo de un anillo de hule, comercialmente se venden en segmentos de 0.90 m y 2.50 metros.

Estos pozos se fabrican con las preparaciones necesarias para poder conectarse de manera hermética a las tuberías de la red de alcantarillado, mediante el empleo de anillo de hule en las uniones.

Estos pozos se fabrican con las preparaciones necesarias para poder conectarse de manera hermética a las tuberías de la red de alcantarillado, mediante el empleo de anillo de hule en las uniones.

Los pozos de vista de concreto están sellados en su base con una tapa del mismo material. La tapa de la parte superior de los pozos puede ser prefabricada o construida en el lugar. El pozo de visita se deberá desplantar sobre una plantilla compactada para asegurar su posición donde el nivel freático es superficial y existe peligro de subpresión, esta base debe ser de concreto reforzado el espesor de la base de concreto deberá calcularse de acuerdo a la magnitud de la fuerza de flotación.

Todas las preparaciones de entrada y salida se colocan en el pozo según las especificaciones del proyectista. En general los datos que requiere el fabricante son los mismos que para los pozos de fibrocemento (ver Tabla 3.5).

Ilustración 3.7 Pozo de vista prefabricado de fibrocemento

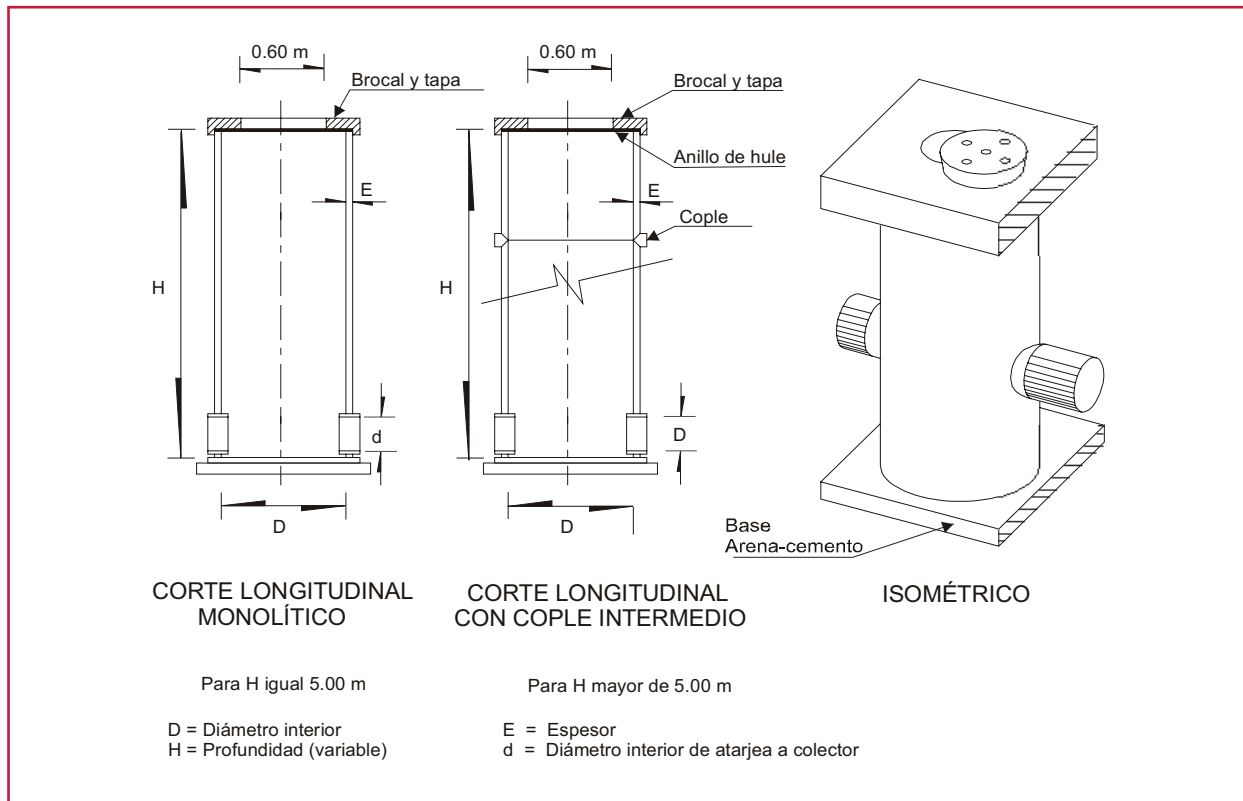


Ilustración 3.8 Pozo de visita prefabricado de concreto

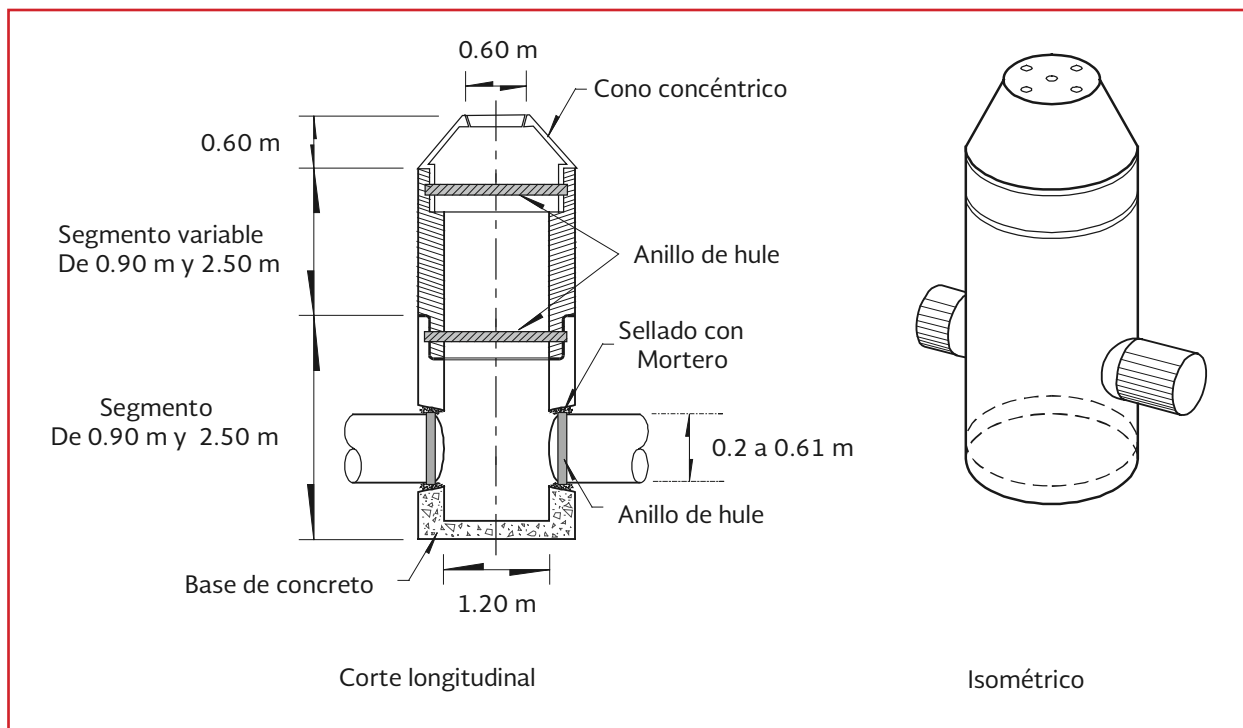


Tabla 3.5 Características de los pozos de visita de concreto prefabricados

Tipo de pozo	Diámetro interior	Diámetro de tubería	H
Común	1.20	0.20 a 0.61	Segmentos de 0.90 y 2.50

### **Pozo de visita construido de polietileno de alta densidad (PEAD)**

PEAD significa de alta densidad y la alta densidad significa que resiste la abrasión, la reproducción de bacterias, algas y hongos. Se pueden producir numerosos accesorios fabricados del mismo material que se unen por medio de fusión térmica.

Todos los adaptadores de tubería se maquinan partiendo de un trozo cilíndrico único de plástico PEAD. Los depósitos y pozos de visita se extruyen en forma de cilindro continuo entero usando el mismo proceso. Para la fabricación de estos productos, sólo se usa material HD PE3408 con clasificación celular según ASTM 3350, que cumple los requisitos de la especificación estándar para moldeo de plásticos de polietileno y materiales de extrusión, ASTM D 1248, tipo III, clase C, categoría 5, grado P34. Todos los adaptadores cumplen o exceden las normas ASTM actuales, y se pueden construir de acuerdo a las especificaciones del proyectista.

Algunas de las características son:

- Gran capacidad de diámetro interior hasta 3.0 m
- Resistente a la corrosión y las sustancias químicas
- Resistente a los golpes, es duradero
- Ligero y fácil de instalar
- Hermético

El pozo de visita de polietileno de alta densidad no es afectado por gases de drenaje o sulfuro de hidrógeno, son hechos con la misma calidad con que se elabora la tubería de Polietileno de alta densidad. Las paredes de la tubería y de los pozos de visita son bastante robustas para resistir las condiciones del suelo en donde son colocados.

Hidráulicamente ofrecen características de flujo continuo. La superficie de polietileno de alta densidad, es lisa, con lo que se aumenta al máximo la capacidad del flujo a través del pozo de visita. Entre los accesorios opcionales está la escalera de mano que se solda térmicamente al pozo de vista.

Los pozos de visita están disponibles como una pieza desde alturas de 12 m, en diámetros de 1.20 m y 1.50 m. En cuanto a los diámetros de los orificios del pozo para unión con la tubería hay disponibles de 0.46 m a 1.38 m, como se muestra en la Tabla 3.6 y Tabla 3.7.

Tabla 3.6 Espesor del pozo de visita para diámetro interior de 48" y 60"

Diámetro interior (m)		Espesor del pozo de visita		Diámetro interior estándar (ver tabla anterior)	
nominal	(m)	nominal	(m)	nominal	(m)
48	1.22	2.0	0.05	18 – 42	0.46 – 1.07
60	1.52	2.3	0.06	18 – 54	0.46 – 1.38

La altura de un pozo de visita se determina desde la plantilla de la tubería que va unida al pozo. Es muy recomendable que la chimenea del pozo de visita por lo menos sea 0.30 m más alto que lo requerido, para absorber algunas variaciones en el nivel del terreno sin salir de la rasante del pavimento. Pueden hacerse ajustes menores en el campo cortando el tramo recto del pozo a la altura requerida.

Tabla 3.7 Características del pozo de visita

Tubería diámetro interior		Tubería diámetro interior		Espesor de la tubería		Diámetro interior del pozo		Diámetro interior	
nominal	(m)	nominal	(m)	nominal	(m)	nominal	(m)	del pozo	(m)
18	0.46	23.7	0.60	1.56	0.04	48	1.22	Nominal	1.52
21	0.53	26.7	0.68	1.56	0.04	48	1.22	60	1.52
24	0.61	29.7	0.75	1.56	0.04	48	1.22	60	1.52
27	0.68	32.7	0.83	1.56	0.04	48	1.22	60	1.52
30	0.76	35.7	0.91	1.56	0.04	48	1.22	60	1.52
33	0.84	38.7	0.98	1.56	0.04	48	1.22	60	1.52
36	0.91	42.8	1.09	1.91	0.05	48	1.22	60	1.52
42	1.07	48.8	1.24	1.91	0.05	48	1.22	60	1.52
48	1.20	55.4	1.41	2.04	0.05	*	*	60	1.52
54	1.38	61.5	1.51	1.17	0.03	*	*	60	1.52

\* No disponibles, pedidos sobre diseño

Los pozos de visita pueden colocarse desde un camión utilizando una pluma o una retroexcavadora. Para una fácil instalación se levanta de las orejas el pozo y se coloca en el sitio deseado.

La clave para una instalación exitosa es logrando un apoyo estable y permanente abajo y alrededor del pozo de visita. El pozo de visita debe instalarse en una trinchera seca, con suficiente grava u otra clase de material que proporcione una cimentación estable.

El espesor de la losa de cimentación debe ser como mínimo de 0.20 m, para evitar cargas puntuales, o para asegurar su posición donde el nivel freático sea superficial y exista peligro de flotación, debiendo quedar ahogado el pozo de visita en la losa de concreto. El material de cimentación debe estar compactada al 95 por ciento (Proctor Estándar).

La altura del relleno es de por lo menos 0.30 m compactado al 90 por ciento (prueba Proctor Estándar). En calles se debe aumentar la compactación al 95 por ciento (prueba Proctor Estándar). El relleno alrededor del pozo de visita puede ser del mismo material de la excavación,

si es compatible o de buena clase, deben estar libres de trozos grandes de piedra o de escombros.

Una vez que el pozo de visita se ha instalado y se ha rellenado, se coloca concreto o algunas hiladas de tabique alrededor del cono en la parte superior para protegerlo y cubrirlo.

Todas las juntas que unen tubo con tubo y el tubo con el pozo de visita son diseñadas con los requisitos de las pruebas de la ASTM D-3212.

### 3.1.7 ESTRUCTURAS DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA (CAÍDAS)

Las estructuras de disipación de energía se agrupan en tres bloques, caída adosada, caída natural y caída escalonada.

Por razones de carácter topográfico o por tener 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.

El empleo de estas estructuras se hace atendiendo las consideraciones siguientes:

- Cuando en el pozo las uniones de las tuberías se hagan eje con eje o clave con clave, no se requiere emplear ninguna de las estructuras mencionadas en el párrafo anterior, uniéndose las plantillas de las tuberías mediante una rápida
- Si la elevación de proyecto de la plantilla del tubo del cual cae el agua, es mayor que la requerida para hacer la conexión clave con clave y la diferencia entre ellas no excede al valor de 50 cm, se hace la caída libre dentro del pozo uniéndose las plantillas de las tuberías mediante una rápida, sin utilizar ninguna de las estructuras mencionadas; pero en el caso de que esta diferencia sea mayor de 50 cm, para salvar la caída, se emplea una estructura de alguno de los tipos mencionados

Si la diferencia de nivel entre las plantillas de tubería, es mayor que las especificadas para los pozos con caída y caja de caída adosada, se construye el número de pozos con caída que sea necesario para ajustarse a esas recomendaciones.

Cabe mencionar que en ocasiones los gases de las alcantarillas han causado desgracias personales generalmente cuando la agitación de las aguas residuales hace que se liberen cantidades excesivas de gas, como sucede con este tipo de pozos, por lo que es necesario tener cuidado en este tipo de estructuras sobre todo cuando se conozca que el agua a conducir pueda liberar gases tóxicos o explosivos.

Las estructuras que se utilizan son pozos de visita con caída adosada, pozo de visita con caída natural y pozos de visita con caída escalonada.

### 3.1.7.1 Pozos de visita con caída libre

Se permiten caídas hasta de 0.5 m con tuberías de hasta 0.25 m sin la necesidad de utilizar alguna estructura especial, únicamente una rápida. En este caso la caída libre se mide de la rasante del tubo de llegada a la clave del tubo salida.

En el pozo común o especial 1, con tubería de entrada y salida de 0.30 a 0.76m de diámetro, la caída libre es de hasta un diámetro (el mayor). En este caso, la caída libre se mide de la rasante del tubo de entrada a la rasante del tubo de salida.

### 3.1.7.2 Pozos con caída adosada (CA)

Son formados 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 1.5 m, en este caso, la caída se mide de la clave del tubo de entrada a la clave del tubo de salida (ver Plano B.15, del anexo B).

#### **Construido en sitio**

Son pozos de visita comunes o especiales los cuales lateralmente se les construye una estructura que permite la caída con tuberías de 0.20 y 0.25 m de diámetro con un desnivel hasta de 2.0 m, (ver Plano B.16, del anexo B).

#### **Construido con tubería de PVC**

Los elementos de PVC que llegan al pozo de visita son los siguientes:

- **Tee.** Proporciona rapidez de instalación y flexibilidad a las caídas adosadas. Sus



características son como se observa en la figura y en la Tabla 3.8

- **Codo 87°.** Se coloca para unir el albañal a silletas unidas a la parte superior del tubo, facilita la pendiente de la descarga, en caídas adosadas y en cualquier cambio de dirección, ocupa poco espacio
- **Manga de empotramiento hermético.** se adhiere herméticamente a la mezcla de cemento-arena o al concreto, puede empotrarse en cualquier dirección, permite que el tubo se deslice sin perder hermeticidad y lo protege de algún movimiento que se presente en el pozo de visita o registro (ver Tabla 3.9 y Tabla 3.10)

### ***Estructuras de caída escalonada***

Son pozos caja con caída escalonada cuya variación es de 0.50 en 0.50 m hasta llegar a 2.50 m como máximo, están provistos de una chimenea a la entrada de la tubería con mayor elevación de plantilla y otra a la salida de la tubería con menor elevación de plantilla. Se emplean en tuberías con diámetros de 0.91 a 2.44 m (ver Plano B.18, del anexo B).

En la Tabla 3.11 se indica qué tipo de caída debe construirse dependiendo del diámetro de la tubería y cuál es la altura máxima que debe tener dicha caída.

## 3.1.8 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 Ilustración 3.9 indica los nombres que se les da a las partes de una 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 rasantes de los tramos de diámetro diferente. En la Tabla 3.12 aparecen según el tipo y diámetro de la tubería, las limitaciones para las conexiones a ejes o a rasantes.

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 rasantes se utilicen únicamente cuando sea indispensable y con las limitaciones para los diámetros más usuales que se indican en la Tabla 3.12; en la Ilustración 3.10 se ilustran las conexiones clave con clave, rasante con rasante y eje con eje.

Tabla 3.8 Características de la Tee

Medidas (m)	Dimensiones				
	L1	L2	Z1	Z2	Z3
0.160 x 0.160	0.335	0.081	0.084	0.089	0.089
0.200 x 0.200	0.414	0.099	0.105	0.111	0.111
0.250 x 0.250	0.538	0.134	0.132	0.138	0.138

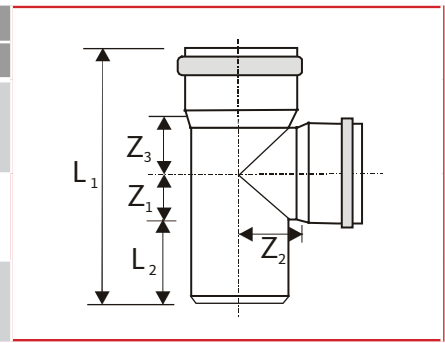


Tabla 3.9 Características de los codos

Medidas (m)	Dimensiones		
	L1	Z1	Z2
0.110	0.060	0.059	0.065
0.160	0.081	0.084	0.091
0.200	0.099	0.105	0.113
0.250	0.134	0.132	0.143
0.315	0.144	0.166	0.180

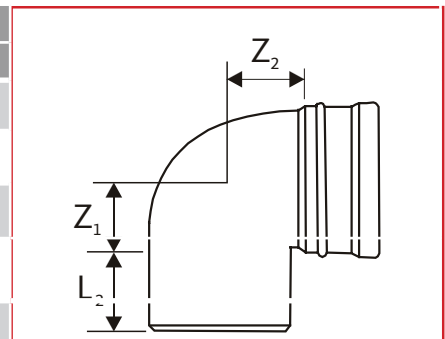


Tabla 3.10 Características de la manga de empotramiento hermético

Medidas (m)	Dimensiones
	L1
0.110	0.110 ó 0.240
0.160	0.100 ó 0.240
0.200	0.240
0.250	0.240
0.315	0.240

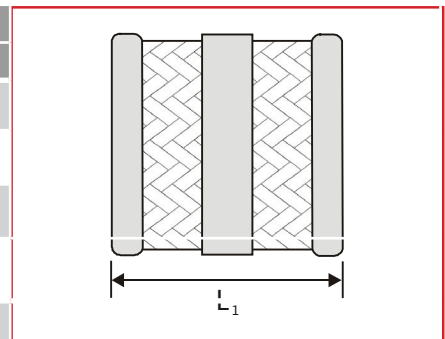


Tabla 3.11 Tipos de estructuras de caída

Tipo de caída	Diámetros	Altura de la caída
	cm	cm
Libre en pozo común, especial 1 o especial 2.	Diámetro de entrada	50
	20 a 25	
Caída adosada a pozos común, especial 1 o especial 2	Diámetro de entrada	200
	20 a 25	
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 y salida 30 a 76	300
Estructura de caída escalonada	Diámetro de entrada y salida mayor de 76	250

Tabla 3.12 Conexiones de tubería

Tipo y diámetro de la tubería de entrada en cm														Tipo y diámetro de la tubería de salida en cm													
CS	CR	AC	FC	Pead	PVC <sub>m</sub>	PVC <sub>i</sub>	15	20	25	30	37.5	45	60	CS	15	20	25	30	37.5	45	60	70	PVC <sub>m</sub>	PVC <sub>i</sub>			
15		17	15	15	16	15	PEC	PEC	PEC	EC	EC	EC	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CS				
20		22	20	20	20	20	PEC	PEC	PEC	PEC	EC	EC	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CR				
25		27	25	25	25	25			PEC	PEC	PEC	PEC	EC	EC	EC	EC	EC	EC	EC	EC	EC	EC	AC				
30	30	32	30	30	31.5	30				PEC	PEC	PEC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	FC				
38	38	36	35	35		37.5				PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEAD				
45	45	41	40	40	40						PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PVC <sub>m</sub>				
45	45	46	45	45		45						PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PVC <sub>i</sub>				
60	60	61	60	60	63	60							PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC	PEC					
				65																							
				70																							

CS.- Tubería de concreto simple  
 CR.- Tubería de concreto reforzado  
 AC.- Tubería de acero  
 FC.- Tubería de fibrocemento  
 PEAD - Tubería de polietileno de alta densidad

P.-Conexión a rasante  
 PEC.- Conexión a rasante, eje o clave  
 EC.- Conexión a eje o clave  
 C.- Conexión a clave

PVC (ing).- Tubería de PVC, inglés  
 PVC (met).- Tubería de PVC, métrico

Tabla 3.12 Conexiones de tubería (continuación)

Tipo y diámetro de la tubería de entrada en cm											Tipo y diámetro de la tubería de salida en cm												
CS	CR	AC	FC	PEAD	PVC <sub>m</sub>	PVC <sub>i</sub>	CS	CR	AC	FC	PEAD	PVC <sub>m</sub>	PVC <sub>i</sub>	CS	CR	AC	FC	PEAD	PVC <sub>m</sub>	PVC <sub>i</sub>			
15		17	15	15	16	15																CS	
20		22	20	20	20	20																	CR
25		27	25	25	25	25																	AC
30	30	32	30	30	31.5	30																	FC
38	38	36	35	35		37.5																	PEAD
45	45	41	40	40	40																		PVC <sub>m</sub>
		46	45	45		45																	PVC <sub>i</sub>
		51	50	50	50	52.5																	
				55																			
60	60	61	60	60	63	60																	
				65																			
				70																			

CS.- Tubería de concreto simple  
 CR.- Tubería de concreto reforzado  
 AC.- Tubería de acero  
 FC.- Tubería de fibrocemento  
 PEAD - Tubería de polietileno de alta densidad

P.-Conexión a rasante  
 PEC.- Conexión a rasante, eje o clave  
 EC.- Conexión a eje o clave  
 C.- Conexión a clave

PVC (ing).- Tubería de PVC, inglés  
 PVC (met).- Tubería de PVC, métrico

Tabla 3.12 Conexiones de tubería (continuación)

Tipo y diámetro de la tubería de entrada en cm		CS	CR	AC	FC	PEAD	PVC <sub>m</sub>	PVC <sub>i</sub>	Tipo y diámetro de la tubería de salida en cm									
15		17	15	15	15	15	16	15	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CS
20		22	20	20	20	20	20	20	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CR
25		27	25	25	25	25	25	25	C	C	C	C	C	C	C	C	C	AC
30	30	32	30	30	30	30	31.5	30	C	C	C	C	C	C	C	C	C	FC
38	38	36	35	35	35	35	40	37.5	C	C	C	C	C	C	C	C	C	PEAD
45	45	41	40	40	40	40	40	45	C	C	C	C	C	C	C	C	C	PVC <sub>m</sub>
60	60	46	45	45	45	45	50	52.5	C	C	C	C	C	C	C	C	C	PVC <sub>i</sub>
		51	50	50	50	50	50	60	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
						55			C	C	C	C	C	C	C	C	C	
	60	61	60	60	60	60	63	60	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
						65			C	C	C	C	C	C	C	C	C	
						70			C	C	C	C	C	C	C	C	C	

CS.- Tubería de concreto simple  
 CR.- Tubería de concreto reforzado  
 AC.- Tubería de acero  
 FC.- Tubería de fibrocemento  
 PEAD - Tubería de polietileno de alta densidad

P.-Conexión a rasante  
 PEC.- Conexión a rasante, eje o clave  
 EC.- Conexión a eje o clave  
 C.- Conexión a clave

PVC (ing).- Tubería de PVC, inglés  
 PVC (met).- Tubería de PVC, métrico



Tabla 3.12 Conexiones de tubería (continuación)

Tipo de tubería, diámetro en cm, pendiente mínima en milésimas		CS	CR	AC	FC	PEAD	PVC <sub>m</sub>	PVC <sub>i</sub>	Tipo y diámetro de la tubería de salida en cm							
	76		76		75	75										CS
						80										CR
						81										AC
						85										FC
	91				90	90										PEAD
					100											PVC <sub>m</sub>
	107				110											PVC <sub>i</sub>
	122				120											
					130											
					140											
	152				150											
					160											

CS.- Tubería de concreto simple.  
 CR.- Tubería de concreto reforzado  
 AC.- Tubería de acero  
 FC.- Tubería de fibrocemento  
 PEAD - Tubería de polietileno de alta densidad

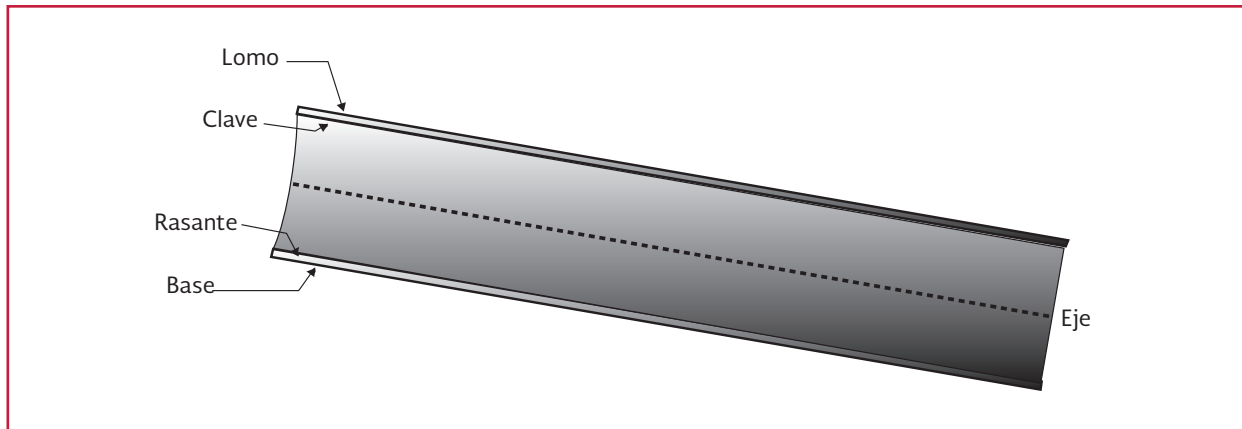
P.-Conexión a rasante  
 PEC.- Conexión a rasante, eje o clave  
 EC.- Conexión a eje o clave  
 C.- Conexión a clave

PVC (ing).- Tubería de PVC, inglés  
 PVC (met).- Tubería de PVC, métrico





Ilustración 3.9 Elementos de tubería



## 3.2 DISEÑO HIDRÁULICO

En las redes de alcantarillado se recomienda que los conductos se diseñen con suficiente capacidad para trabajar con superficie libre ante la ocurrencia del gasto máximo. Sin embargo, en ocasiones trabajan a presión por obstrucciones, hundimientos y en casos especiales como sifones, cruces o en lugares donde las condiciones características del sitio obligan a este funcionamiento.

### 3.2.1 FÓRMULAS 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 ecuación de continuidad para un escurrimiento continuo permanente es:

$$Q = V(A) \quad \text{Ecuación 3.6}$$

donde:

- $Q$  = Gasto, en  $\text{m}^3/\text{s}$
- $V$  = Velocidad, en  $\text{m}/\text{s}$
- $A$  = Área transversal del flujo en,  $\text{m}^2$

Para el cálculo hidráulico del alcantarillado se utiliza la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2} \quad \text{Ecuación 3.7}$$

donde:

- $V$  = Velocidad, en  $\text{m}/\text{s}$
- $R_h$  = Radio hidráulico, en  $\text{m}$
- $S$  = Pendiente del gradiente hidráulico, adimensional
- $n$  = Coeficiente de "fricción", adimensional

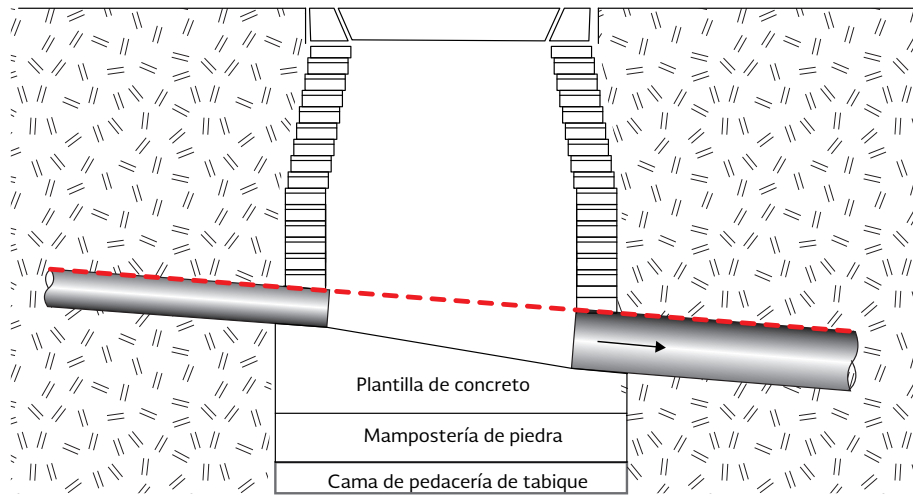
El radio hidráulico se calcula con la Ecuación 3.7.

$$R_h = \frac{A}{P_m} \quad \text{Ecuación 3.8}$$

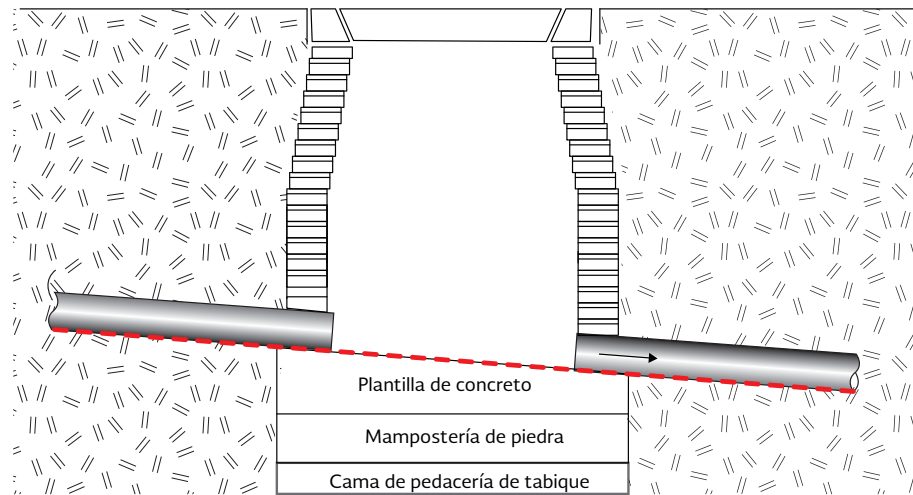
donde:

- $A$  = Área transversal del flujo, en  $\text{m}^2$
- $P_m$  = Perímetro mojado, en  $\text{m}$

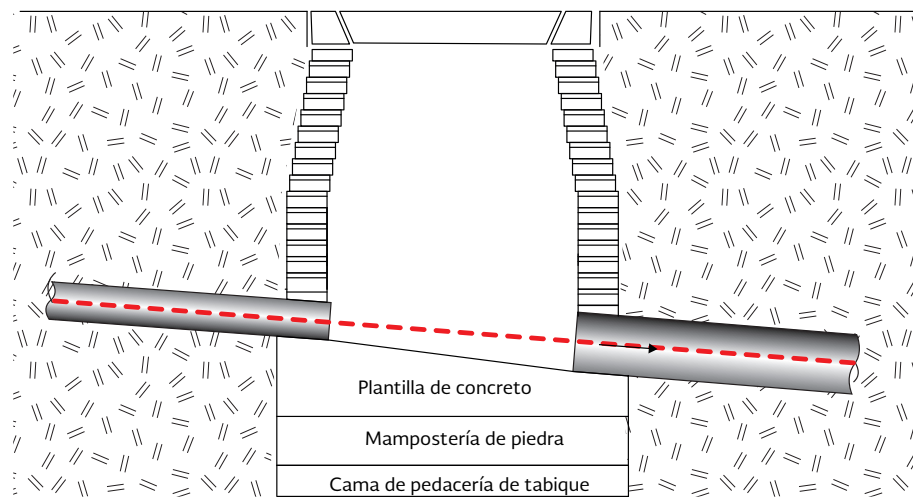
Ilustración 3.10 Conexiones



a) Clave con clave



b) Rasante con rasante



c) Eje con eje

La ecuación de *Manning* tiene la ventaja para conductos de sección constante, que el coeficiente de rugosidad depende exclusivamente del material del tubo. La determinación de los valores del factor de fricción es totalmente empírica y su principal dificultad radica en alcanzar en campo o en laboratorio un flujo uniforme completamente desarrollado.

La Tabla 3.13 muestra los valores del coeficiente *n* publicados hasta ahora para algunos materiales, para otras clases de tuberías será necesario realizar los trabajos de laboratorio para obtener el valor de *n*. En la Tabla 3.14 se presentan los rangos del coeficiente *n* encontrados en la bibliografía internacional para diferentes tipos materiales, para otros no incluidos deberá buscarse la referencia que ofrezca los resultados experimentales.

Los fabricantes que ofrecen valores de *n* de sus tubos, deberán contar con el respaldo de sus procedimientos experimentales debidamente documentados y validados por una institución de investigación.

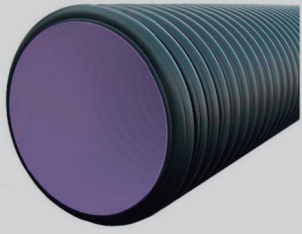
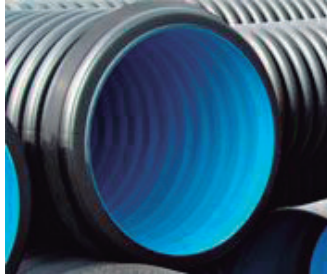


Conviene tener presente que la rugosidad original considerada irá en aumento respecto al tiempo de operación y calidad del agua.

Los valores presentados en la Tabla 3.13, corresponden a tubería nueva, sin embargo, el efecto corrosivo del agua y los años de servicio de la tubería afectan el valor de la rugosidad del tubo (Sotelo, 2002) y de los cuales se cuenta con algunos valores y rangos experimentales, los cuales pueden consultarse en las referencias bibliográficas.

Tabla 3.13 Valores del coeficiente de rugosidad *n* de Manning para conducciones a superficie libre

Material	Coficiente <i>n</i> de Manning	Referencia	Imagen de muestra
Concreto	0.012 - 0.014	Ven Te Chow (1994)	
Policloruro de vinilo (PVC), pared sólida	0.009	UTAH, Department of Transportation (2004)	
Fibrocemento	0.011 - 0.015	ASCE/EWRI (2006)	

Tabla 3.14 Valores del coeficiente de rugosidad  $n$  de Manning recomendados para el diseño de conducciones a superficie libre

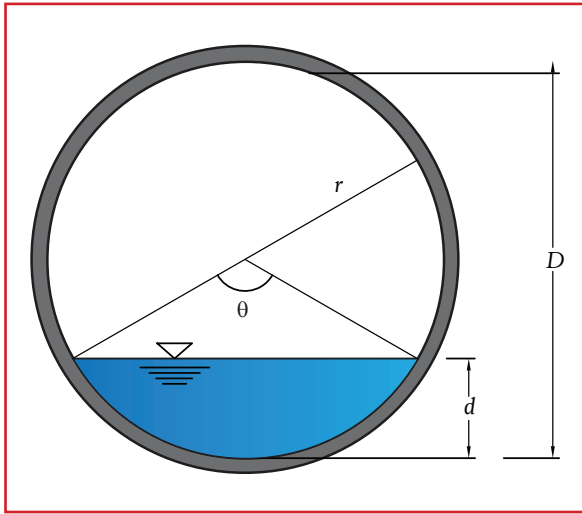
Material	Coficiente $n$ de Manning	Referencia	
Policloruro de vinilo (PVC) corrugado, pared interior lisa	0.010 - 0.013 (Valor más usado para diseño 0.012)	California Department of Transportation (2014)	
Poliétileno de alta densidad (PEAD) corrugado, pared interior lisa	0.010 - 0.013 (Valor más usado para diseño 0.012)	California Department of Transportation (2014)	
Poliétileno de alta densidad (PEAD), pared interior corrugada	0.020 - 0.025 (Valor más usado para diseño 0.022)	California Department of Transportation (2014)	
Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)	0.009	American Water Works Association (2014)	

### 3.2.2 ANÁLISIS DE FLUJO EN CONDUCCIONES ABIERTAS

Cuando en un conducto cerrado el flujo se realiza a superficie libre, se dice que funciona parcialmente lleno.

En una sección circular los parámetros hidráulicos con sección parcialmente llena, pueden calcularse con las expresiones presentadas a continuación:

Ilustración 3.11 Características hidráulicas de una tubería



$$\theta = 2 \cos^{-1} \left( 1 - \frac{d}{r} \right) \quad \text{Ecuación 3.9}$$

$$d = (r) \left( 1 - \frac{\cos \theta}{2} \right) \quad \text{Ecuación 3.10}$$

$$P_w = (\pi) (D) \left( \frac{\theta}{360} \right) \quad \text{Ecuación 3.11}$$

$$R_h = (r) \left( 1 - \frac{(360) (\text{sen} \theta)}{2\pi \theta} \right) \quad \text{Ecuación 3.12}$$

$$A = (r^2) \left( \frac{\pi \theta}{360} - \frac{\text{sen} \theta}{2} \right) \quad \text{Ecuación 3.13}$$

donde:

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

Para simplificar los cálculos se han obtenido relaciones entre las diferentes variables hidráulicas de interés en una tubería de sección circular, teniendo como base las calculadas a sección llena con la fórmula de Manning, con respecto a las correspondientes a un tirante determinado (ver Ilustración 3.12). Por otra parte, también se dispone de tablas de diferentes parámetros hidráulicos (ver Tabla 3.15).

Ilustración 3.12 Elementos hidráulicos de la sección circular

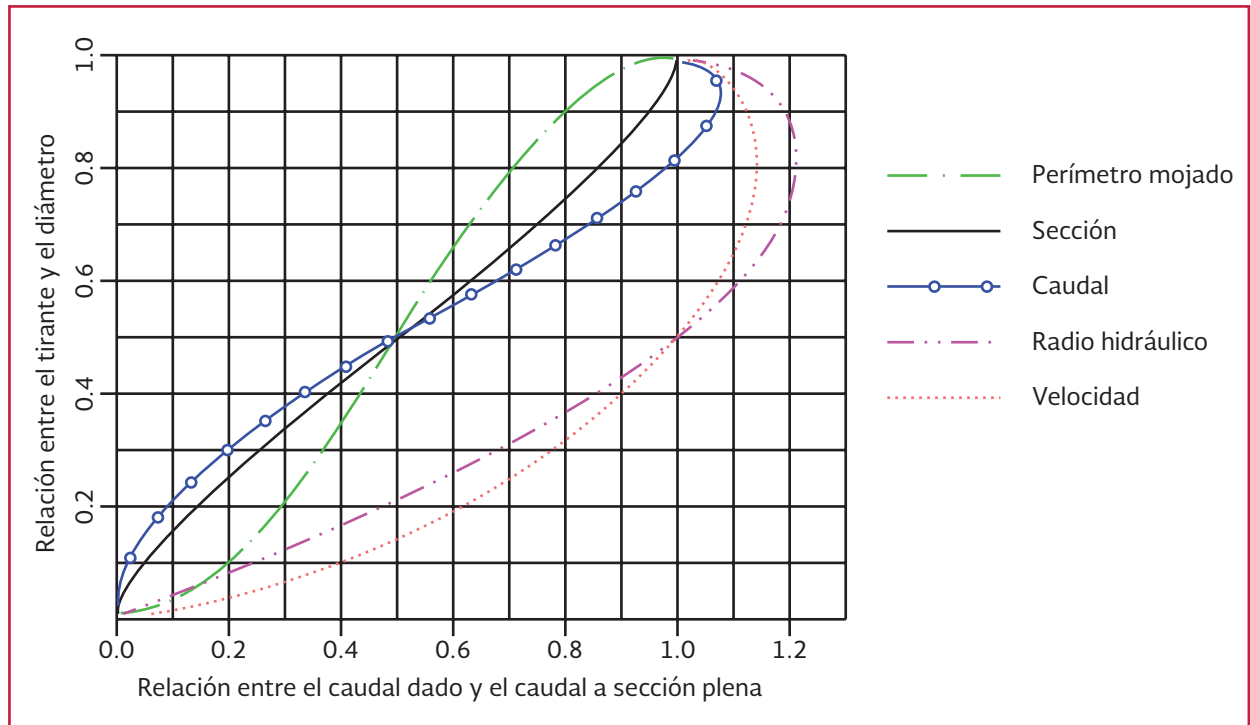


Tabla 3.15 Elementos hidráulicos en tuberías de sección circular

$\frac{y}{D}$	$\frac{A}{D^2}$	$\frac{nQ}{D^{8/3}S^{1/2}}$	$\frac{Q_c}{D^{5/2}}$	$\frac{y}{D}$	$\frac{A}{D^2}$	$\frac{nQ}{D^{8/3}S^{1/2}}$	$\frac{Q_c}{D^{5/2}}$
0.01	0.0013	0.00005	0.00034	0.21	0.1199	0.03012	0.14407
0.02	0.0037	0.00021	0.00136	0.22	0.1281	0.03308	0.15779
0.03	0.0069	0.00050	0.00305	0.23	0.1365	0.03616	0.17211
0.04	0.0105	0.00093	0.00541	0.24	0.1449	0.03937	0.18701
0.05	0.0147	0.00150	0.00844	0.25	0.1535	0.04270	0.20250
0.06	0.0192	0.00221	0.01213	0.26	0.1623	0.04614	0.21857
0.07	0.0242	0.00306	0.01647	0.27	0.1711	0.04970	0.23522
0.08	0.0294	0.00407	0.02147	0.28	0.1800	0.05337	0.25245
0.09	0.0350	0.00521	0.02712	0.29	0.1890	0.05715	0.27025
0.10	0.0409	0.00651	0.03342	0.30	0.1982	0.06104	0.28861
0.11	0.0470	0.00795	0.04035	0.31	0.2074	0.06503	0.30754
0.12	0.0534	0.00953	0.04792	0.32	0.2167	0.06912	0.32703
0.13	0.0600	0.01126	0.05613	0.33	0.2260	0.07330	0.34708
0.14	0.0668	0.01314	0.06496	0.34	0.2355	0.07758	0.36769
0.15	0.0739	0.01515	0.07442	0.35	0.2450	0.08195	0.38884
0.16	0.0811	0.01731	0.08450	0.36	0.2546	0.08641	0.41054
0.17	0.0885	0.01960	0.09520	0.37	0.2642	0.09095	0.43279
0.18	0.0961	0.02203	0.10650	0.38	0.2739	0.09557	0.45559
0.19	0.1039	0.02460	0.11842	0.39	0.2836	0.10027	0.47892
0.20	0.1118	0.02729	0.13095	0.40	0.2934	0.10503	0.50279

Tabla 3.15 Elementos hidráulicos en tuberías de sección circular (continuación)

$\frac{y}{D}$	$\frac{A}{D^2}$	$\frac{nQ}{D^{8/3} S^{1/2}}$	$\frac{Q_c}{D^{5/2}}$	$\frac{y}{D}$	$\frac{A}{D^2}$	$\frac{nQ}{D^{8/3} S^{1/2}}$	$\frac{Q_c}{D^{5/2}}$
0.41	0.3032	0.10987	0.52720	0.71	0.5964	0.26579	1.51411
0.42	0.3130	0.11477	0.55215	0.72	0.6054	0.27054	1.55682
0.43	0.3229	0.11973	0.57762	0.73	0.6143	0.27520	1.60040
0.44	0.3328	0.12475	0.60363	0.74	0.6231	0.27976	1.64491
0.45	0.3428	0.12983	0.63016	0.75	0.6319	0.28422	1.69041
0.46	0.3527	0.13495	0.65723	0.76	0.6405	0.28856	1.73698
0.47	0.3627	0.14011	0.68482	0.77	0.6489	0.29279	1.78470
0.48	0.3727	0.14532	0.71294	0.78	0.6573	0.29689	1.83367
0.49	0.3827	0.15057	0.74159	0.79	0.6655	0.30085	1.88400
0.50	0.3927	0.15584	0.77077	0.80	0.6736	0.30466	1.93583
0.51	0.4027	0.16115	0.80048	0.81	0.6815	0.30832	1.98933
0.52	0.4127	0.16648	0.83071	0.82	0.6893	0.31181	2.04468
0.53	0.4227	0.17182	0.86148	0.83	0.6969	0.31513	2.10212
0.54	0.4327	0.17719	0.89278	0.84	0.7043	0.31825	2.16194
0.55	0.4426	0.18256	0.92463	0.85	0.7115	0.32117	2.22447
0.56	0.4526	0.18794	0.95701	0.86	0.7186	0.32388	2.29014
0.57	0.4625	0.19331	0.98994	0.87	0.7254	0.32635	2.35950
0.58	0.4724	0.19869	1.02342	0.88	0.7320	0.32858	2.43322
0.59	0.4822	0.20405	1.05746	0.89	0.7384	0.33053	2.51220
0.60	0.4920	0.20940	1.09207	0.90	0.7445	0.33219	2.59762
0.61	0.5018	0.21473	1.12726	0.91	0.7504	0.33354	2.69108
0.62	0.5115	0.22004	1.16303	0.92	0.7560	0.33453	2.79480
0.63	0.5212	0.22532	1.19940	0.93	0.7612	0.33512	2.91204
0.64	0.5308	0.23056	1.23638	0.94	0.7662	0.33527	3.04774
0.65	0.5404	0.23576	1.27400	0.95	0.7707	0.33491	3.20988
0.66	0.5499	0.24092	1.31226	0.96	0.7749	0.33393	3.41249
0.67	0.5594	0.24602	1.35118	0.97	0.7785	0.33218	3.68351
0.68	0.5687	0.25106	1.39080	0.98	0.7817	0.32936	4.09047
0.69	0.5780	0.25604	1.43114	0.99	0.7841	0.32476	4.87463
0.70	0.5872	0.26095	1.47223	1.00	0.7854	0.31169	-----

### 3.3 MODELACIÓN MATEMÁTICA APLICADA A REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO

En el estudio y diseño de las redes de alcantarillado actualmente es esencial apoyarse en modelos de simulación matemática que consideren el comportamiento hidráulico en un intervalo de tiempo

y en algunos casos la carga contaminante presente en el agua.

Estos modelos matemáticos son utilizados en la planificación, diseño y gestión de redes de nueva creación, así como en redes existentes, en las que ayudan a diseñar los sistemas de alcantarillado, proyectar ampliaciones e identificar problemas en la operación de redes existentes.

### 3.3.1 TIPOS DE MODELOS

El análisis del funcionamiento hidráulico permite llevar a cabo la revisión y diseño de una red y de acuerdo con los resultados obtenidos se proporcionan soluciones factibles dentro de límites razonables de seguridad y economía. Tomando en cuenta el desarrollo que en los últimos años han experimentado los modelos de simulación hidráulica, es posible realizar una clasificación de acuerdo al objetivo o los criterios que se establezcan para su ejecución.

#### 3.3.1.1 Variación en el tiempo

El tiempo es una variable fundamental en la modelación de redes. Considerando el intervalo de tiempo los modelos de simulación hidráulica se pueden dividir en estáticos, cinemáticos y dinámicos.

##### *Estáticos o de flujo permanente*

En este tipo de modelos se supone que en cada conducto se traslada el gasto de aporte máximo calculado sin variación en el tiempo.

Esta clase de modelos se emplean frecuentemente para analizar el comportamiento de la red bajo las condiciones más desfavorables.

En un modelo de este tipo no existe variación en el tiempo, por lo que el resultado obtenido corresponderá a un instante en el tiempo, es similar a tomar una fotografía de la red, solo se mostrará el funcionamiento en el momento en que la fotografía fue tomada.

##### *Cinemáticos*

En este tipo de modelos se resuelven las ecuaciones de Saint-Venant, considerando en la ecuación de equilibrio, exclusivamente las componentes de gravedad y de fricción. Por tanto, el modelo se limita al caudal máximo que pueden llevar los conductos en flujo a superficie libre, es decir en el punto donde se llena toda su sección transversal. Es decir, este tipo de modelos no permite modelar flujo a presión ni ningún efecto que se pueda producir de aguas abajo hacia aguas arriba, como remansos o reflujos.

Esta clase de modelos no se recomiendan para redes malladas, es más recomendable aplicarlos para redes de tipo peine y conducciones unitarias (arreglos presentados en el capítulo 1).

##### *Dinámicos*

En este tipo de modelos se consideran, como fuerzas actuantes, además de la gravedad y la fricción, la presión y la inercia. Por lo que es posible simular la variación temporal, los efectos generados de aguas abajo hacia aguas arriba y la conducción a presión.

Este tipo de modelos son de mayor precisión con lo cual se tiene una mejor representación de la física del escurrimiento permitiendo simular modificaciones en el sistema de estudio.

Para mayor información consulte el libro de Bladé et al., (2009) mostrado en el apartado de bibliografía.



### 3.3.1.2 Variables del sistema

De acuerdo con el objetivo y las variables de interés, los modelos de simulación de redes de drenaje se clasifican en: hidráulicos y calidad del agua.

#### **Hidráulicos**

Con un modelo hidráulico se pueden determinar los caudales y niveles dentro de la red de alcantarillado además del funcionamiento de elementos complementarios como cárcamos, equipos de bombeo y estructuras de descarga.

#### **Calidad del agua**

Por su parte, los modelos de calidad del agua, para redes de drenaje y alcantarillado, determinan la variación temporal y espacial de una determinada carga contaminante a lo largo del sistema, esta puede ser debido a la basura que se arrastra en su recorrido, grasas y aceites y toda incursión dentro del agua residual.

### 3.3.2 CAPACIDADES DEL MODELO DE SIMULACIÓN

De forma general, los programas de cómputo, especializados en la modelación de redes de drenaje y alcantarillado permiten los siguiente procesos:

- Acumulación de agua en depresiones del terreno
- Infiltración de agua en el suelo
- Ingreso de agua del subsuelo a la red
- Modelación no lineal de almacenamiento de flujo superficial

- Utilizar una amplia variedad de geometrías para las conducciones, a superficie libre o a presión
- Modelar elementos especiales como almacenamientos divisores de flujo, equipos de bombeo, vertedores, orificios y plantas de tratamiento
- Permite estimar la producción y evolución de carga contaminante asociada al flujo
- Reducción de cargas contaminantes debido a procesos de tratamiento
- Aportes externos especificados por el usuario
- Seguimiento de sustancias o partículas asociadas a la calidad del agua

### 3.3.3 METODOLOGÍA BÁSICA DE SIMULACIÓN

La metodología general para la simulación de cualquier elemento se presenta a continuación, cualquier programa de cómputo se apega a este proceso, con pequeñas variaciones dependiendo de la cantidad de módulos disponibles.

1. Crear un proyecto
2. Definir datos geométricos
3. Ingresar datos del flujo y condiciones de frontera
4. Ejecutar cálculos hidráulicos
5. Evaluación e impresión de resultados

Para mayor abundamiento con respecto a los alcances de un modelo de simulación se recomienda revisar la documentación de cada programa en específica para conocer sus alcances y limitaciones.

## 3.4 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO

### 3.4.3.1 Planeación general

El primer paso consiste en realizar la planeación general del proyecto y definir las mejores rutas de trazo de la red de atarjeas de los colectores, interceptores y emisores, apartado 1.2.2, considerando la conveniencia técnico económica de contar con uno o varios sitios de vertido, con sus correspondientes plantas de tratamiento. Lo más recomendable es tener un solo sitio de vertido; es aconsejable realizar estos trabajos en planos escala adecuada para la zona del proyecto (1:1 000 o 1:2 000). Deberá evaluarse 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. 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, o a la planta de tratamiento. En estos casos también puede optarse por un sistema alternativo de alcantarillado sanitario, como los que se presentan en el libro de *Sistemas alternativos de alcantarillado sanitario* del MAPAS.

En esta etapa del proyecto es necesario calcular de forma general los gastos de proyecto de la red de alcantarillado, tal como se presentó en el apartado 3.1.3 y contar con una visión general del drenaje

natural que tiene el área de proyecto basándose en el plano topográfico y la traza urbana. Esto permitirá tener una idea general del posible arreglo de los colectores y la red de atarjeas.

#### NOTA IMPORTANTE:

Para poder planear adecuadamente un sistema de alcantarillado es imprescindible que el diseñador realice visitas y levantamientos de campo en el sitio. En muchas ocasiones los encargados del diseño no son los mismos que realizan los estudios de campo y esto limita la comprensión de las condiciones reales de la zona, lo cual se traduce en diseños que no consideran los aspectos constructivos, operativos y sociales.

### 3.4.3.2 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, con base en el proyecto de la red de distribución de agua potable y los requerimientos propios del proyecto de la red de alcantarillado sanitario.

### 3.4.3.3 Sistema de alcantarillado existente

En los casos en que ya exista tubería, se debe hacer una revisión detallada para identificar los tramos, a fin de modificar o reforzar la tubería que lo requiera y se eligen los tramos aprovechables por su buen estado de conservación y capacidad necesaria.

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.

En este punto, el diseñador debe considerar que las propuestas que presente sean viables constructiva, operativa y socialmente. En algunos casos, la sustitución de un tramo implica no solo retirar el existente; debe considerarse que se interrumpirá el servicio de alcantarillado en esta zona y probablemente en zonas aguas arriba, además, el proceso constructivo puede afectar a otros servicios, como agua potable, energía eléctrica, telefonía, entre otros. Este trabajo además afectará la vida cotidiana de los vecinos, el acceso a la calle, el resguardo de sus vehículos, el acceso de servicios de emergencia, tan solo por mencionar algunos. En casos más críticos, existe la posibilidad que en algún tramo (principalmente colectores y emisores) sea imposible la interrupción del servicio. Todas estas posibilidades deben estar en la mente del diseñador al momento de realizar el trazo. De esta forma se generará un proyecto apegado a las condiciones reales del sitio y permitirá al ejecutor de la obra, tomar en cuenta las distintas acciones, obras y consideraciones especiales previas y durante la construcción, por ejemplo: Obras temporales de desvío para no interrumpir el servicio, estacionamientos temporales seguros para los vecinos, servicio de agua potable a través de pipas, pasos peatonales, sistemas de almacenamiento y disposición de aguas residuales para la zona de interrupción.

#### 3.4.3.4 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, en el apartado 1.1. Se analizan las alternativas de trazo y combinaciones que sean necesarias, de acuerdo con las condiciones particulares de la zona que se estudie, con objeto de seleccionar 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 definida en el apartado 3.1.6. 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.

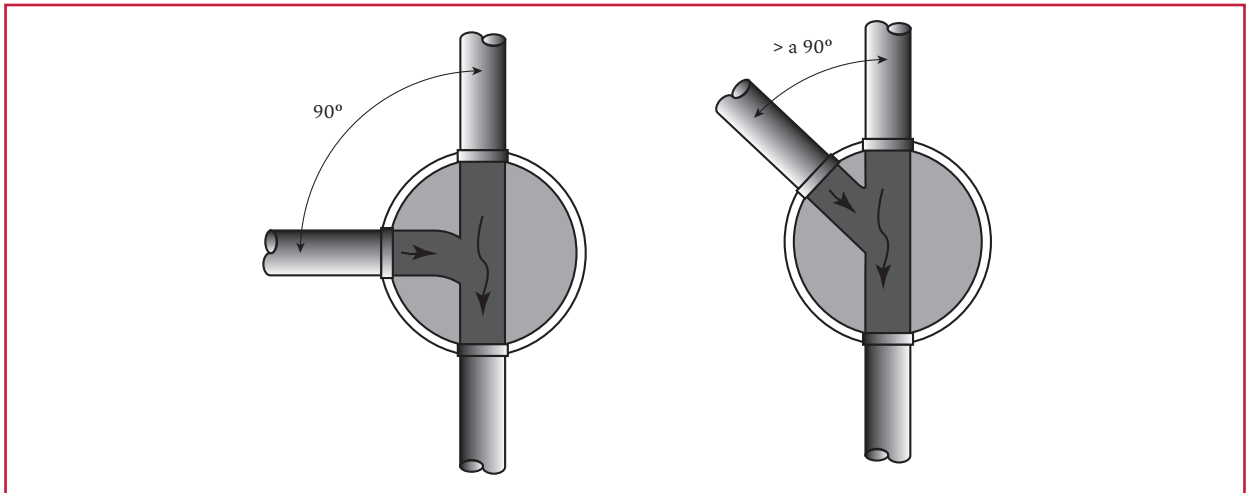
### 3.5 RED DE ATARJEAS

Para el diseño de una red de atarjeas se deben ejecutar los siguientes pasos, los cuales se ejemplifican en el capítulo 4:

#### *Diseño geométrico*

1. El diseño hidráulico de una red de atarjeas se realiza tramo por tramo, se inicia en las cabezas de atarjeas y se finaliza en el entronque con los colectores. Para ello, se deben identificar los puntos de topografía con mayor elevación y delimitar los parteaguas naturales del terreno; esto facilitará la visualización del sentido del terreno. La configuración de la traza urbana genera límites artificiales y en combinación con los parteaguas trazados permite identificar los posibles puntos de descarga (Puntos de topografía mas bajo dentro de los límites trazados) y las calles por las cuales se instalaría la tubería.
2. Considerando la red existente (si es que existe) y los límites trazados, se debe identificar en que puntos se conectará la red de proyecto, siempre buscando que el flujo sea por gravedad, que las conexiones sean en pozos de visita y que los ángulos que forman las tuberías de llegada y de salida sean de hasta 90°, con respecto al sentido del flujo, tal como se muestra en la Ilustración 3.13

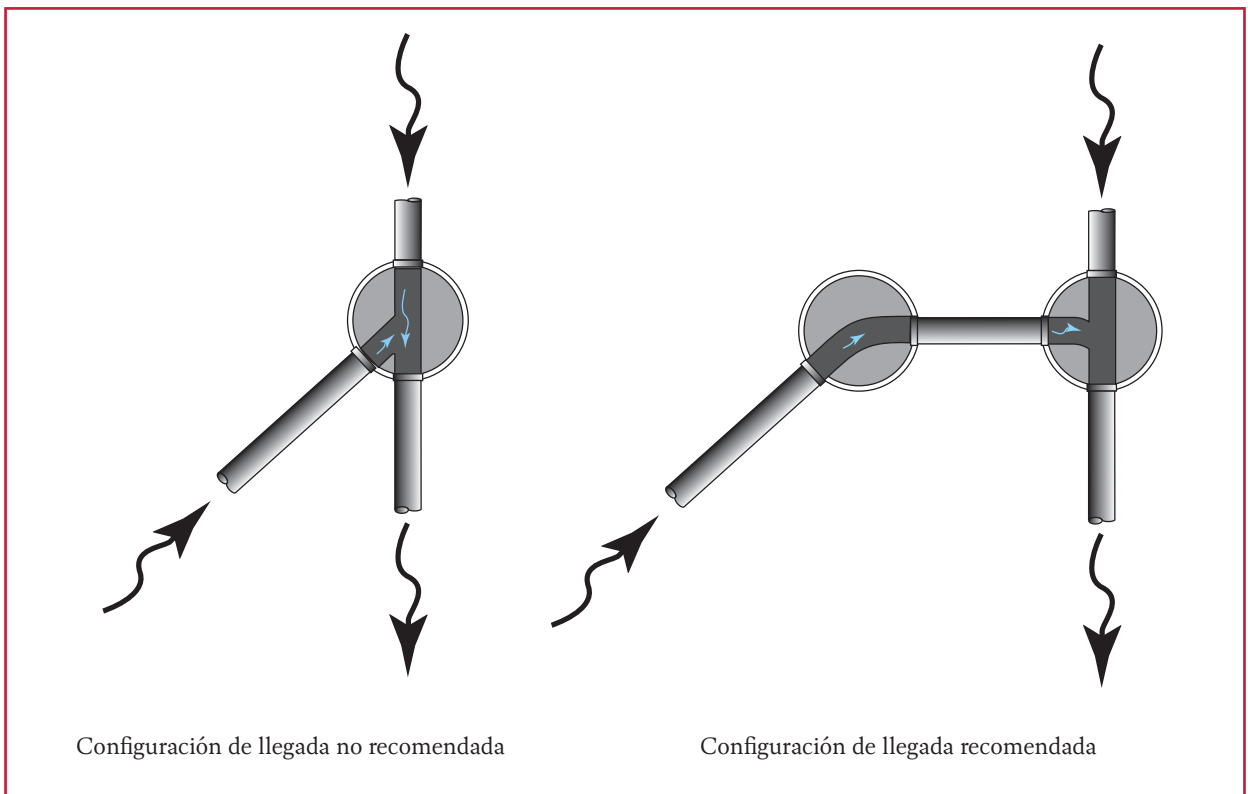
Ilustración 3.13 Tubería de llegada con ángulo menor a 90° con respecto al sentido del flujo



Cuando se presente una llegada con un ángulo mayor a 90° deberá diseñarse un arreglo que corrija este ángulo, la Ilus-

tración 3.14, muestra esta condición y la alternativa para el trazo de tubería de llegada

Ilustración 3.14 Configuración para una llegada con ángulo mayor 90° con respecto al sentido del flujo



Configuración de llegada no recomendada

Configuración de llegada recomendada

Bajo estas condiciones, se propone el arreglo de la red de atarjeas, apegándose las configuraciones del apartado 1.1

### **Diseño hidráulico**

Para el cálculo de las variables hidráulicas permisibles a tubo lleno o a tubo parcialmente lleno, se emplean las ecuaciones para el diseño descritas en el apartado 3.1.4. La metodología es la siguiente:

1. Obtener el área total de la zona de influencia para cada tramo, especificando los diferentes usos del suelo que se presenten. En general, los usos del suelo se dividen en: comercial, industrial, público y doméstico; este último también se diferencia en popular, medio y residencial
2. 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 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
3. 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 y 3.1.8
4. Teniendo el material, clase, diámetro y pendiente del tramo, se calcula la velocidad y el gasto a tubo lleno
5. 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 Ilustración 3.12 y la Tabla 3.15 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 Ilustración 3.12 y la Tabla 3.15 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 la Ecuación 3.5, Ecuación 3.6 y Ecuación 3.7, 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 3.8, se calcula la velocidad a tubo parcialmente lleno para cada caso

3. Las variables hidráulicas que deben 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. Ver apartado 3.1.3 y 3.1.4.

## 3.6 COLECTORES E INTERCEPTORES

El diseño hidráulico se realiza en forma análoga al de la red de atarjeas (ver el apartado 3.5). 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.

## 3.7 EMISORES

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

### 3.7.1 EMISORES A GRAVEDAD

Los emisores que trabajan a gravedad pueden ser tuberías o 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-002-SEMARNAT.

En caso de que el espejo de 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 este para que no se vean afectadas las es-

tructuras aguas arriba. La metodología para el diseño hidráulico de los emisores a gravedad es la misma que se emplea para el diseño hidráulico de colectores e interceptores (ver el apartado 3.6). Se debe tomar en cuenta lo siguiente para determinar los gastos de diseño.

#### 3.7.1.1 Gastos de diseño

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

- a) 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 3.1.3
- b) 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 apartado 3.1.3. En caso de que la capacidad de la planta de tratamiento de aguas residuales no esté diseñada a partir del gasto máximo instantáneo, deberá investigarse el gasto de diseño, y con este, deberá diseñarse el emisor que conducirá el efluente de la planta a la descarga.

### 3.7.2 EMISORES A PRESIÓN

#### 3.7.2.1 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. 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; 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.

### 3.7.2.2 Diseño de la tubería a presión

Para el diseño de la tubería a presión se recomienda utilizar la Ecuación de Darcy - Weisbach, que se puede consultar en el libro *Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado*, del MAPAS.

El agua residual urbana tiene una densidad relativa de 1.01, por lo que se puede considerar un valor de viscosidad cinemática,  $\nu = 0.993 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ , a temperatura de 20 °C. Esta variación implica que el número de Reynold es distinto para agua residual, con respecto al agua cruda o potable, por lo que se debe tener precaución de verificar los límites de aplicación para las ecuaciones.

## 3.8 ESTRUCTURA DE DESCARGA

Para la disposición final o vertido de las aguas residuales, se requiere 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 ca-

sos muy específicos, en forma sumergida; podrá hacerse a ríos, lagos, al mar, a pozos de absorción, a riego, etcétera.

En todos los casos, previo a la estructura de descarga, se debe considerar el tratamiento de las aguas residuales, aun 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.

## 3.9 ASPECTOS POR CONSIDERAR EN EL PROYECTO

El vertido final del caudal del alcantarillado sanitario debe efectuarse después del 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 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, 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

### 3.10 SITIOS DE VERTIDO

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

#### 3.10.1 VERTIDO EN CORRIENTES SUPERFICIALES

Los ríos se han utilizado indiscriminadamente en nuestro medio como sitio de vertido, aun

cuando el agua residual no se haya sometido a tratamiento (caso común), lo que ha causado la contaminación de las corrientes superficiales.

Para evitar el problema anterior es importante investigar los usos que se haga, aguas abajo, del vertido, ya que dichos usos (abastecimiento de agua para consumo humano, riego, etc.) determinan el tipo de tratamiento. La NOM-002-SE-MARNAT vigente establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes en las aguas residuales de origen urbano o municipal, dependiendo del tipo de disposición que se le dé 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 a la corriente. La construcción de la estructura de descarga se debe hacer preferentemente en un tramo recto del río y se debe 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 y se analizará la importancia que puede tener el remanso del agua para grandes avenidas. Si el vertido se realiza en corrientes con escurrimiento muy variable en el tiempo, durante el estiaje, se deben encauzar las aguas residuales tratadas hacia 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:

- Gasto mínimo y máximo de aguas residuales tratadas que entrega el emisor
- 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)

### 3.10.1.1 Características geotécnicas del cauce

Elevación de la plantilla del emisor en la descarga, la cual deberá estar por encima del nivel de aguas mínimas del cuerpo receptor.

## 3.10.2 VERTIDO EN TERRENOS

Se lleva a cabo generalmente para utilizar las aguas residuales tratadas para riego de terrenos agrícolas, con fines recreativos o para recarga de acuíferos.

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

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

Cuando el emisor esté hecho de tubería, su plantilla debe ser lo más superficial que sea posible en la

descarga, con un colchón mínimo de 60 cm para tuberías de hasta 45 cm de diámetro, siempre y cuando no se tenga la acción de cargas vivas. 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 que requiere la tubería para no dañarse, deberá protegerse la tubería proyectada mediante concreto reforzado, que deberá calcularse tomando en cuenta la carga muerta, viva 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 es el riego, se debe tener especial cuidado cuando se destine a cultivos de hortalizas, ya que las aguas residuales tratadas deberán contar con el tratamiento adecuado.

## 3.10.3 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/segundo. 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 o 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:

- Gasto mínimo y máximo de aguas residuales tratadas que entrega el emisor
- Estudio de las corrientes en la zona de vertido y de su dirección en las diferentes estaciones del año

- Topografía de la zona de descarga y perfil en el eje del emisor (batimetría)
- 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 el emisor

### 3.10.4 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:

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

### 3.10.5 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.

## 3.11 HERMETICIDAD

Con el objeto de evitar la contaminación de los mantos acuíferos y suelos por fallas en las juntas de las tuberías, o incorporaciones de elementos extraños al sistema de alcantarillado sanitario que provocan riesgos y alteran sus condiciones de funcionamiento, se ha establecido la Norma Oficial Mexicana NOM-001-CONAGUA-2011 para sistemas de alcantarillado sanitario, en la cual se establecen características, especificaciones y métodos de prueba de hermeticidad.

Esta norma establece las condiciones de hermeticidad que deben cumplir los sistemas de alcantarillado sanitario que trabajen a superficie libre.

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.

### 3.11.1 ESPECIFICACIONES

A continuación se hace una descripción de las principales especificaciones de la norma.

#### 3.11.1.1 Especificaciones generales

El conjunto de elementos que conforma el sistema de alcantarillado sanitario (descargas domiciliarias, tuberías y pozos de visita) debe garantizar su estanquidad y hermeticidad, tanto hacia el exterior como el interior (infiltraciones), cumpliendo con las pruebas de fábrica establecidas en las normas del producto.

#### 3.11.1.2 Especificaciones de los elementos

En las tuberías, juntas, accesorios y descargas domiciliarias que se señalan a continuación, se utilizarán como mínimo, las características, especificaciones y métodos de prueba que se establecen en la Norma Mexicana correspondiente.

##### a) Tuberías

- De concreto (C)  
Para los tubos de concreto simple con junta hermética corresponde lo indicado en la NMX-C-401-ONNCCE-2011 y para los de concreto reforzado con junta hermética, la NMX-C-402-ONNCCE-2011
- De fibrocemento (FC)  
Para los tubos, coples y conexiones de fibrocemento, lo señalado en la Norma NMX-C-039-ONNCCE-2004.
- De policloruro de vinilo (PVC)  
Para los tubos de policloruro de vinilo (PVC) sin plastificante, con junta hermética de material elastomérico aplica lo correspondiente en la NMX-E-211/1-SCFI-2003 para sistema inglés, NMX-E-215/1-CNCP-2012 para sistema métrico y NMX-E-222/1-SCFI-2003 para tubos de pared estructurada longitudinalmente  
Para las conexiones de policloruro de vinilo (PVC) sin plastificante, con junta hermética de material elastomérico, lo señalado en la Norma NMX-E-211/2-CNCP-2005 para sistema inglés y NMX-E-215/2-CNCP-2012 para sistema métrico

- De PEAD  
En los tubos de polietileno de alta densidad con unión por termofusión, corresponde lo indicado en la Norma NMX-E-216-1994-SCFI

b) Juntas

Las juntas en la tubería deben ser herméticas, independientemente del material de que se trate. En tuberías de policloruro de vinilo (PVC) se debe utilizar anillo de hule tipo II, siguiendo, como mínimo, las características, especificaciones y métodos de prueba que se señalan en la Norma NMX-E-111; para tubería de fibrocemento, se debe utilizar anillo de hule tipo III, de acuerdo con la Norma NMX-T-021-SCFI-2009

c) Accesorios

Para los pozos de visita prefabricados se utilizarán, como mínimo, las características, especificaciones y métodos de prueba que se señalen en la norma de producto correspondiente

d) Descargas domiciliarias

Para los elementos que conforman la descarga domiciliaria se utilizarán como mínimo, lo indicado en la norma de producto correspondiente

### 3.11.1.3 Especificaciones de instalación

Quienes 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. Terminada la instalación de un tramo y sus pozos de visita extremos, se procederá a

realizar la prueba de hermeticidad como se indica en el 3.11.2.

El informe de estas pruebas debe ser presentado a la entidad encargada de vigilar la norma correspondiente.

## 3.11.2 PRUEBA DE HERMETICIDAD EN CAMPO

### 3.11.2.1 En tuberías y descargas domiciliarias

Se debe probar en campo la hermeticidad de la tubería instalada, sometiéndola a una presión hidrostática de 0.05 MPa (0.5 kgf/cm<sup>2</sup>), también se debe garantizar hermeticidad en la unión entre la atarjea y el albañal domiciliario (conexiones de descargas domiciliarias) sometiéndola a una presión hidrostática de 0.05 MPa (0.5 kgf/cm<sup>2</sup>) y siguiendo el método establecido en el apartado 3.11.3.1. Cuando los responsables de los sistemas de alcantarillado sanitario consideren factible la ejecución de la prueba neumática, esta se podrá aplicar en tuberías de diámetros nominales que no excedan 630 mm, y en descargas domiciliarias con diámetros nominales que no excedan 450 mm, considerando una presión neumática de 0.03 MPa (0.3 kgf/cm<sup>2</sup>) y siguiendo el método descrito en el apartado 3.11.4.

### 3.9.2.2. En accesorios

Los pozos de visita comunes, los especiales, de caja y con caída adosada deben asegurar hermeticidad en la unión con las tuberías y estanquidad en toda la estructura, sometiéndolos a una carga hidráulica equivalente a la altura que se tenga a nivel brocal, siguiendo el método descrito en el apartado 3.11.3.2.

### 3.11.3 PRUEBA HIDROSTÁTICA

#### 3.11.3.1 En tuberías y descargas domiciliarias

Para verificar la hermeticidad de la instalación, los responsables de los sistemas de alcantarillado sanitario deben aplicar el siguiente método de prueba.

La prueba se debe llevar a cabo en la tubería y en tramos comprendidos entre dos pozos de visita, asegurando su posición, esto es, cubriendo la tubería con material de relleno (centros) y dejando descubiertas sus juntas.

La prueba en las descargas domiciliarias se llevará a cabo individualmente, seccionando en tramos o entre dos pozos de visita cuando esto sea posible, asegurando la posición del albañal exterior y dejando descubiertas sus juntas y la junta albañal-atarjea.

Todas las incorporaciones a la línea por probar, incluyendo las descargas domiciliarias (cuando existan), deben ser selladas herméticamente y aseguradas de tal manera que no se tengan deslizamientos durante la prueba. Las tuberías o descargas domiciliarias (albañal exterior) deben ser llenadas lentamente con agua, de manera que se pueda expulsar el aire acumulado en la parte superior, por lo que el llenado debe ser a partir de los puntos más bajos de la tubería, para asegurar que el aire contenido sea expulsado por el punto más alto.

Las tuberías o descargas domiciliarias (albañal exterior) deben ser prellenadas con los tiempos especificados en la Tabla 3.16, de acuerdo con el material de la tubería. Después del tiempo

de prellenado y antes de iniciar la medición del tiempo de prueba, se debe alcanzar una presión manométrica de 0.05 MPa (0.5 kg/cm<sup>2</sup>). Si el tiempo de prellenado es de una hora, dicha presión debe mantenerse durante 15 minutos previos al inicio de la prueba. La lectura estará referida al centro del diámetro de la tubería y en el punto más bajo del tramo de prueba.

La presión de prueba de 0.05 MPa (0.5 kg/cm<sup>2</sup>) debe ser mantenida durante 15 minutos. Si es necesario, se agrega de manera constante la cantidad de agua necesaria para sustituir el volumen absorbido. En este caso, la cantidad de agua agregada debe ser medida.

La base para calcular la cantidad admisible de agua por agregar es el diámetro interno de la tubería. En el caso de tuberías de concreto simple o concreto reforzado, las manchas de humedad en la pared del tubo debido a la saturación inicial no necesariamente indican falta de estanquidad.

Si el junteo de la tubería o albañal exterior es defectuoso, los responsables de los sistemas de alcantarillado sanitario deben determinar, por sus propios medios, el origen de la(s) fuga(s) o trabajos defectuosos y repararlos. El tramo o descargas domiciliarias se volverán a probar hasta alcanzar los requerimientos de esta prueba. Si el tiempo transcurrido entre la ejecución de una prueba y otra es superior a 24 horas, la tubería o descargas domiciliarias deberán ser saturadas nuevamente. La cantidad de agua permisible por agregar, así como el tiempo de prellenado, está dado en la Tabla 3.16 para cada material de la tubería. La línea de alcantarillado o descarga domiciliaria se considera hermética si el agua agregada durante los 15 minutos del período de prueba no excede el valor dado en la Tabla 3.16.

Tabla 3.16 Valores permisibles de acuerdo con el material de la tubería

Material de la tubería	Diámetro nominal (mm)	Tiempo de prellenado (horas)	Agua agregada en L/m <sup>2</sup> de superficie interna mojada	Presión de prueba MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )
Fibrocemento (FC)	Todos los diámetros nominales	24	0.02	0.05 (0.5)
Plástico (PVC y PEAD)	Todos los diámetros nominales	1	0.02	0.05 (0.5)
Concreto simple (C.)	Hasta 600	24	0.15	0.05 (0.5)
Concreto reforzado	Todos los diámetros nominales	24	0.1	0.05 (0.5)

### 3.11.3.2 En pozos de visita

La prueba se debe llevar a cabo en pozos de visita construidos o instalados (prefabricados) en obra y con la conexión de las tuberías que se unen al pozo.

Las líneas conectadas al pozo de visita se deben bloquear herméticamente con tapones, de forma tal que se garantice que no sean un punto de fuga.

Los pozos prefabricados de concreto o de fibrocemento, los fabricados en el sitio de concreto o mampostería, o de cualquier otro material que cumpla con una norma emitida por una institución acreditada se deben mantener llenos de agua hasta el nivel de brocal con 24 horas de anticipación a la prueba, con objeto de garantizar su saturación.

Los pozos de visita se deben probar con una presión hidrostática equivalente a la altura que se tenga al nivel de su brocal. Esta carga hidráulica se debe mantener durante un tiempo mínimo de 15 minutos. Si es necesario, se agrega constantemente la cantidad de agua requerida para sustituir el volumen absorbido. La cantidad de agua agregada debe ser medida.

En el caso de pozos de concreto o de fibrocemento prefabricados, o fabricados en el sitio de concreto o mampostería, las manchas de humedad en la pared debidas a la saturación inicial, no necesariamente indican falta de estanquidad.

Si al término de la prueba el volumen de agua sobrepasa el límite permisible, los responsables de los sistemas de alcantarillado sanitario deben determinar, con sus propios medios, el origen de la(s) fugas(s) o trabajos defectuosos y proceder a repararlos. El pozo se volverá a probar hasta alcanzar los requerimientos de esta prueba.

El pozo se considera hermético si el agua agregada durante la prueba no excede el valor que resulte de la siguiente expresión:

$$V = 4(\phi)h \quad \text{Ecuación 3.14}$$

donde:

- $V$  = Volumen permitido por agregar en una hora (L/h)
- $\phi$  = Diámetro de la base del pozo de visita, en m
- $h$  = Carga hidráulica, en m

El volumen ( $V$ ) resultante de esta expresión debe ser directamente proporcional al tiempo de la prueba.

### 3.11.4 PRUEBA NEUMÁTICA (A BAJA PRESIÓN)

Este método de prueba implica operaciones peligrosas por el riesgo de explosividad y no incluye las medidas de seguridad necesarias para su aplicación. Es responsabilidad del ejecutor y del supervisor establecer procedimientos apropiados de seguridad, así como el equipo de protección para su uso. La prueba se debe llevar a cabo en tuberías con diámetro nominal de hasta 630 mm, asegurando su posición con material de relleno y dejando descubiertas las juntas (centros) de la tubería; la prueba deberá desarrollarse en tramos comprendidos entre dos pozos de visita.

Los tapones deben ser instalados de manera que se prevengan los reventamientos, ya que la expulsión repentina de una conexión mal instalada es peligrosa; por ello, se recomienda que todas las conexiones se instalen y atraquen adecuadamente contra la pared del pozo y registro y que no se utilicen presiones mayores de 0.06 MPa (0.6 kg/cm<sup>2</sup>).

Todo equipo de presión utilizado en la prueba debe tener un regulador y una válvula de alivio calibrada a 0.06 MPa (0.6 kg/cm<sup>2</sup>) para evitar la sobrepresión y con ello el desplazamiento de los tapones o el reventamiento de la tubería. Como medida precautoria, la presión en el tramo de prueba debe monitorearse para asegurar que en ningún momento se exceda dicha presión.

Después de que la tubería ha sido instalada entre dos pozos de visita con un relleno para su empujamiento (centros), los tapones serán colocados y asegurados en cada pozo y registro. Es aconse-

jable probar los tapones en todas las conexiones antes de iniciar la prueba. Esto puede hacerse en un tramo de tubería sin instalar, sellando sus extremos con los tapones por revisar, se presuriza a 0.06 MPa (0.6 kg/cm<sup>2</sup>) y los tapones no se deberán mover. No debe haber personas en el alineamiento de la tubería durante la prueba.

Se recomienda colocar primero el tapón del extremo aguas arriba del tramo, para impedir que el agua penetre y se acumule en la línea de prueba. Esto es importante cuando se tienen altos niveles de aguas freáticas.

Se inspeccionará visualmente la tubería adyacente al pozo para detectar cualquier falla de cortante por ajustes entre el pozo y la tubería. Un punto de fuga probable se encuentra en el acoplamiento de la tubería con el pozo; este defecto puede no ser visible y, por tanto, no ser evidente en la prueba de aire.

El aire se introduce lentamente hasta alcanzar 0.03 MPa (0.3 kg/cm<sup>2</sup>) por encima de la carga de agua producida por el nivel freático sobre la tubería en su caso, pero no mayor de 0.06 MPa (0.6 kg/cm<sup>2</sup>).

Una vez alcanzada la presión establecida, se regula el suministro de aire para mantener la presión interna por lo menos dos minutos; este tiempo permite que la temperatura del aire que entra se iguale con la de las paredes de la tubería. Cuando la temperatura se ha igualado y la presión se ha estabilizado, la manguera de suministro de aire se desconectará, o la válvula de control se cerrará y se iniciará el conteo del tiempo con un cronómetro. Para determinar si la prueba es aceptable se

usa un tiempo predeterminado para una caída de presión específica, generalmente de 0.007 MPa (0.07 kg/cm<sup>2</sup>); no obstante, se pueden especificar otros valores, siempre que los tiempos requeridos se ajusten adecuadamente. Se puede aceptar una caída de presión de 0.0035 MPa (0.035 kg/cm<sup>2</sup>), en lugar de 0.007 MPa (0.07 kg/cm<sup>2</sup>), entonces los tiempos de prueba requeridos para esta deben ser divididos entre dos.

Para mayor abundamiento se recomienda referirse a la NOM-001-CONAGUA-2011.

### 3.12 PLANOS PARA PROYECTO

Una vez realizado el diseño hidráulico, las características de la red de alcantarillado sanitario se debe presentar en un plano, a escala adecuada

para su consulta de forma impresa en campo, lo cual puede ser entre 1:1 000 y 1:5000, dependiendo del tamaño de la red.

Para proyectos ejecutivos, considérese que los planos deben ser entregados de forma impresa en escala de grises y con letra legible (mayor a 2 milímetros), cumpliendo todas las especificaciones presentadas en los términos de referencia y las recomendaciones del libro *Proyectos Ejecutivos* del MAPAS.

De forma general, en los planos se deben localizar los pozos de visita y obras accesorias, longitud de los tramos de tuberías, diámetros, pendiente, elevación de los brocales y plantillas de entrada y salida de las tuberías en los pozos de visita, estructuras de descarga, los sitios de vertido. Todo con símbolos normalizados que se presentan en la Ilustración 3.15.



Ilustración 3.15 Símbolos para planos de alcantarillado sanitario

Emisor		
Colector		
Subcolector		
Atarjea		
Cabeza de atarjea		
Pozo de visita común		
Pozo de visita especial		
Pozo caja		
Pozo caja unión		
Pozo caja deflexion		
Pozo con caída		
Caída escalonada		
Caja de caída adosada a pozo de visita		
Estación de bombeo		
Línea a presión		
Elevación de terreno		
Elevación de plantilla	Profundidad de pozo	$\frac{28.35}{27.25} 1.10$
Longitud - pendiente - diámetro (m - miles - cm)		100 - 2 - 25
Relleno		
	Construcción futura	Construido
Emisor		
Colector		
Subcolector		
Atarjea		
Estación de bombeo		

# 4

## EJEMPLO DE DISEÑO

Para ilustrar los procedimientos y recomendaciones presentadas en los capítulos anteriores, se presenta un ejemplo de diseño hidráulico de una red de alcantarillado. El proyecto surge de la necesidad de recolectar el agua residual de la comunidad mostrada en la Ilustración 4.1 y conducirla a una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) a través de dos colectores existentes.

### 4.1 DATOS INICIALES

#### *Plano topográfico*

Para realizar el proyecto de alcantarillado sanitario se realizó un plano topográfico, que para efectos de presentación en el libro presenta una escala de 1:10 000 (Ilustración 4.2, para hoja tamaño carta), sin embargo, para el diseño de la red, es de una escala de 1:1000. El plano presenta curvas de nivel equidistantes a un metro con las especificaciones indicadas en el apartado 3.1.2.1.

#### *Plano predial*

En la Ilustración 4.1 se presenta la lotificación de la zona en estudio, en la cual se identifica el uso de suelo de proyecto del área de urbanización, el cual se estableció a partir de recorridos de campo, complementado con el plan de desarrollo municipal. Este plano establece el uso destinado por predio, caracterizando aquellos que están (o estarán) destinados para uso público, uso comercial y uso doméstico (tal como se establece en el apartado 3.1.2.6). Se presentan también una serie de predios, que en primera instancia estarán destinados para uso domés-

tico, sin embargo, no se tiene información sobre su probable lotificación, estos se identifican como predios baldíos.

#### *Plano de red existente*

En la zona de estudio, existen dos colectores de 410 mm de diámetro, construidos con tubería de PVC, los cuales alimentan a un emisor, también de PVC de 410 mm, que conducirá el agua residual hasta una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). La Ilustración 4.3 muestra en plano actualizado de esa red, donde se indica: longitud, diámetro y pendiente de los tramos de tubería; las elevaciones de los brocales; las plantillas de entrada y salida en los pozos de visita; la identificación de las obras accesorias de la red, tal como se establece en el apartado 3.1.2.7.

#### *Plano de agua potable*

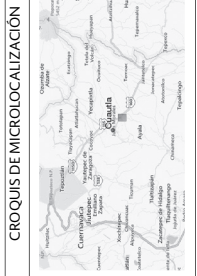
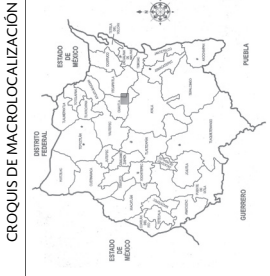
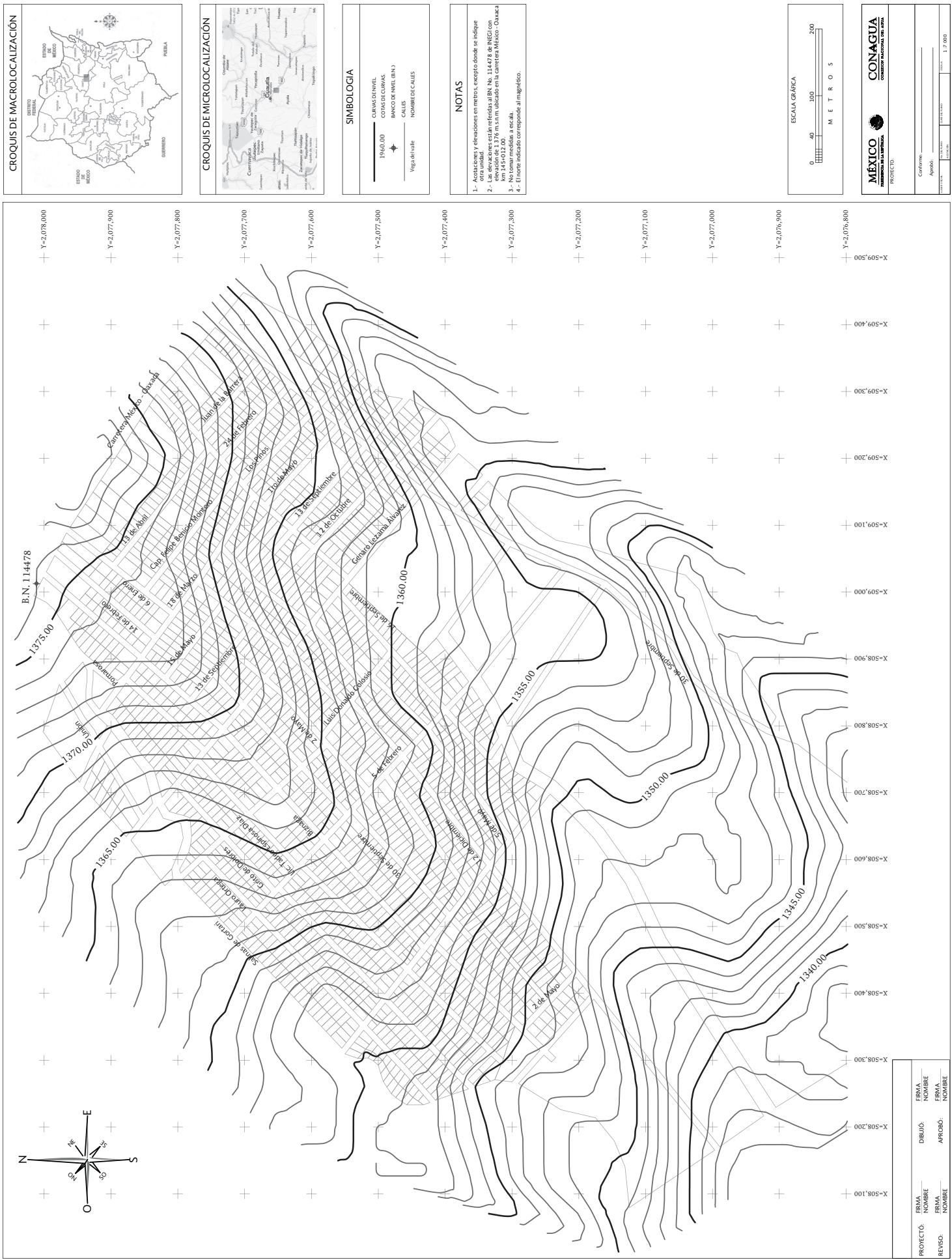
La zona de estudio, no cuenta con red de agua potable, este servicio se brinda por medio de caminos cisterna (pipas).

#### *Pavimentos y banquetas*

Cabe mencionar que excepto por el tramo correspondiente a la carretera México - Oaxaca, el resto de las calles no cuenta con pavimento. Del estudio de mecánica de suelos, se estableció que nivel freático se encuentra a una profundidad de 12 metros en su punto de topografía más bajo, lo cual garantiza que este no será un problema para la instalación de la tubería. Producto de este estudio, de acuerdo al SUCS se establece que el suelo es de clase II, el cual consiste en suelos gruesos con menos de 12 por ciento de finos y partículas redondeadas.



Ilustración 4.2 Plano topográfico

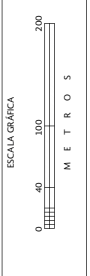


**SIMBOLOGÍA**

	CURVAS DE NIVEL
	COTAS DE CURVAS
	BANCO DE NIVEL (B.N.)
	CALLES
	Vega de Inaile
	NOMBRE DE CALLES

**NOTAS**

- 1.- Acorchamientos y elevaciones en metros, excepto donde se indique otra unidad.
- 2.- Los nombres de las calles están de acuerdo al B.N. No. 114478 de INEGI con una elevación de 1376 m.s.n.m. ubicado en la carretera México - Oaxaca, Km 14.5+012.00.
- 3.- Escala: 1:2,000.
- 4.- El retrete estudiado corresponde al magnitudado.



**MÉXICO**  
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

**CONAGUA**  
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

PROYECTO: \_\_\_\_\_

CONFORME: \_\_\_\_\_

APROBÓ: \_\_\_\_\_

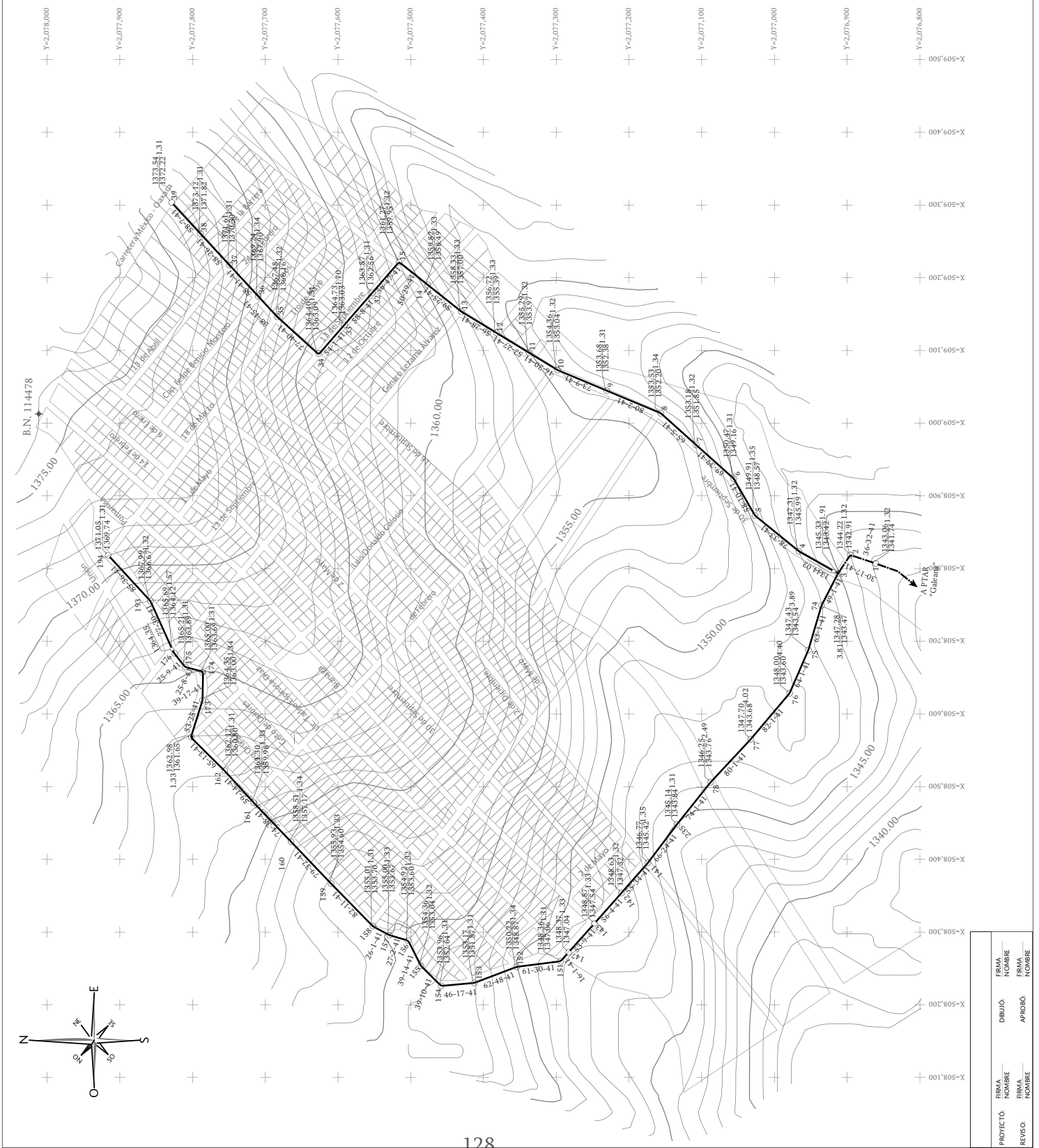
REVISÓ: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

ESCALA: 1:2,000

PROYECTO:	FINA NOMBRE	DIBUJÓ:	FINA NOMBRE
REVISÓ:	FINA NOMBRE	APROBÓ:	FINA NOMBRE

Ilustración 4.3 Plano de red existente



### CROQUIS DE MACROLOCALIZACIÓN

### CROQUIS DE MICROLOCALIZACIÓN

### DATOS DE PROYECTO

POBLACION ACTUAL AÑO 2014: 1.101 habitantes  
 POBLACION DE PROYECTO AÑO: 7.022 habitantes  
 DOTACION: 203 L/(hab día)  
 GASTOS: 16.811/4 Gasto medio diario  
 1903 L/4 Gasto máximo instantáneo  
 24.621/5 Gasto máximo estandarizado

COCIENTE: 0.002 Manning  
 FUNCIONAMIENTO: 1.159 Manning

### SIMBOLOS

- Colector
- Emissor
- Prozo de vista común
- Emisión de lluvia
- Emisión de planta

longitud - prelevante - diámetro (en - milés - cm)  
 Profundidad de pozo

1960.00 Costas de curvas

Banco de nivel (B.N.)

Cables

Numero de cables

Vozes del valle

### NOTAS

- 1- Aclaraciones y edificaciones con respecto a este croquis de red.
- 2- Este croquis de red es un croquis de red preliminar.
- 3- No se ha considerado el costo de instalación.
- 4- El terreno indicado corresponde al magnetismo.
- 5- Tipo sanitario, con junta de resaca y campana.

### ESCALA GRAFICA

0 40 100 200 METROS

MEXICO COMISION NACIONAL DE AGUA

CONAGUA COMISION NACIONAL DE AGUA

PROYECTO

CONFORME: \_\_\_\_\_  
 APROBADO: \_\_\_\_\_  
 ELABORADO: \_\_\_\_\_  
 FECHA: 17/06/08

PROYECTO:	FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:
REVISOR:	APROBADO:	APROBADO:	APROBADO:
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:

## 4.2 DISEÑO GEOMÉTRICO

Tal como se presentó en el apartado 3.1.1, el diseño de la red de atarjeas debe adecuarse a la topografía de la localidad, el flujo del agua debe ser a gravedad y las tuberías deben seguir, en lo posible, la pendiente del terreno de acuerdo con alguno de los modelos de configuración de red de atarjeas descritos en el apartado 1.1.1 y además se debe garantizar que se cumplan las variables hidráulicas permisibles (pendientes mínimas y máximas, deflexiones, velocidades máxima y mínima y diámetro). Complementariamente se deben considerar los puntos de descarga, vialidades y cruces con infraestructura existentes, siempre buscando el menor costo en excavación.

Entonces, la propuesta inicial de la configuración de la red de atarjeas se realiza sobre un plano que contenga el trazo de calles, lotes, topografía,

obras inducidas y la red existente. Sobre este plano se trazan las tuberías que conformaran la red siguiendo las siguientes recomendaciones generales, tal como se define en el apartado 3.5.

### 4.2.1 TRAZO DE LA RED DE ATARJEAS

1. Tomando como referencia el plano topográfico se identifican los puntos de topografía con mayor elevación y se delimitan los parteaguas naturales del terreno (Ilustración 4.4); considerando la configuración de la traza urbana y la red existente se definen límites artificiales y en combinación con los parteaguas trazados permite identificar los posibles puntos de descarga (Puntos de topografía mas bajo dentro de los límites trazados) y las calles por las cuales se instalaría la tubería (Ilustración 4.5)

Ilustración 4.4 Trazo de parteaguas naturales

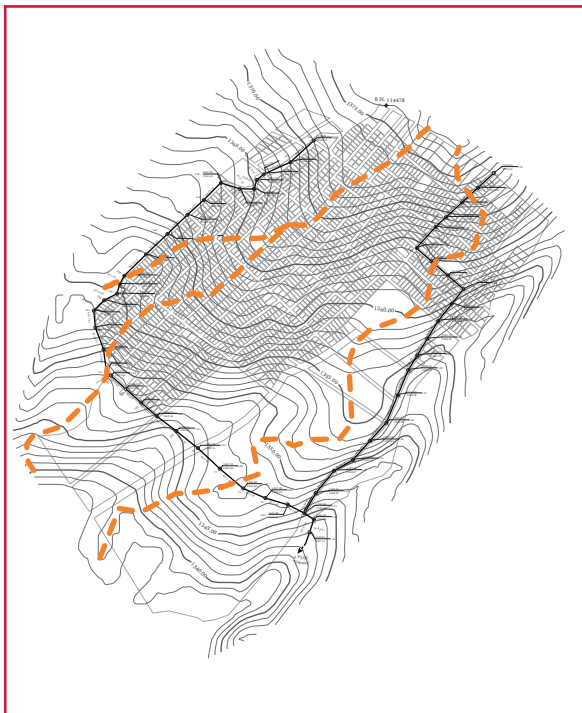
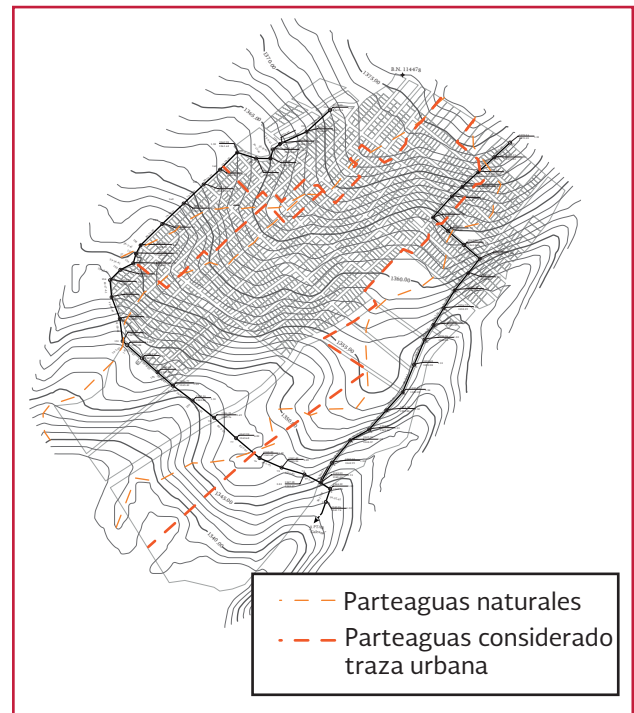


Ilustración 4.5 Trazo de parteaguas considerando traza urbana



2. Considerando la red existente se identifican en que puntos se conectará la red de proyecto, siempre buscando que el flujo sea por gravedad, que las conexiones sean en pozos de visita y que los ángulos que forman las tuberías de llegada y de salida sean de hasta 90°, con respecto al sentido del flujo

Bajo estas condiciones, se propone el arreglo de la red de atarjeas, tal como se muestra en la Ilustración 4.6. También se muestra el sentido del flujo en los tramos, buscando en todo momento que no se presente una pendiente negativa del terreno

Ilustración 4.6 Propuesta de arreglo de la red de atarjeas



## 4.2.2 TRAZO DE LOS POZOS DE VISITA

Atendiendo las recomendaciones del apartado 3.1.6, los pozos de visita deben localizarse en

todos los cruces, cambios de dirección, pendiente y para dividir tramos que exceden la máxima longitud recomendada. La Ilustración 4.7 muestra la ubicación de los pozos de visita para la red propuesta.

Ilustración 4.7 Ubicación de pozos de visita







Ilustración 4.9 Asignación de predios por tramo

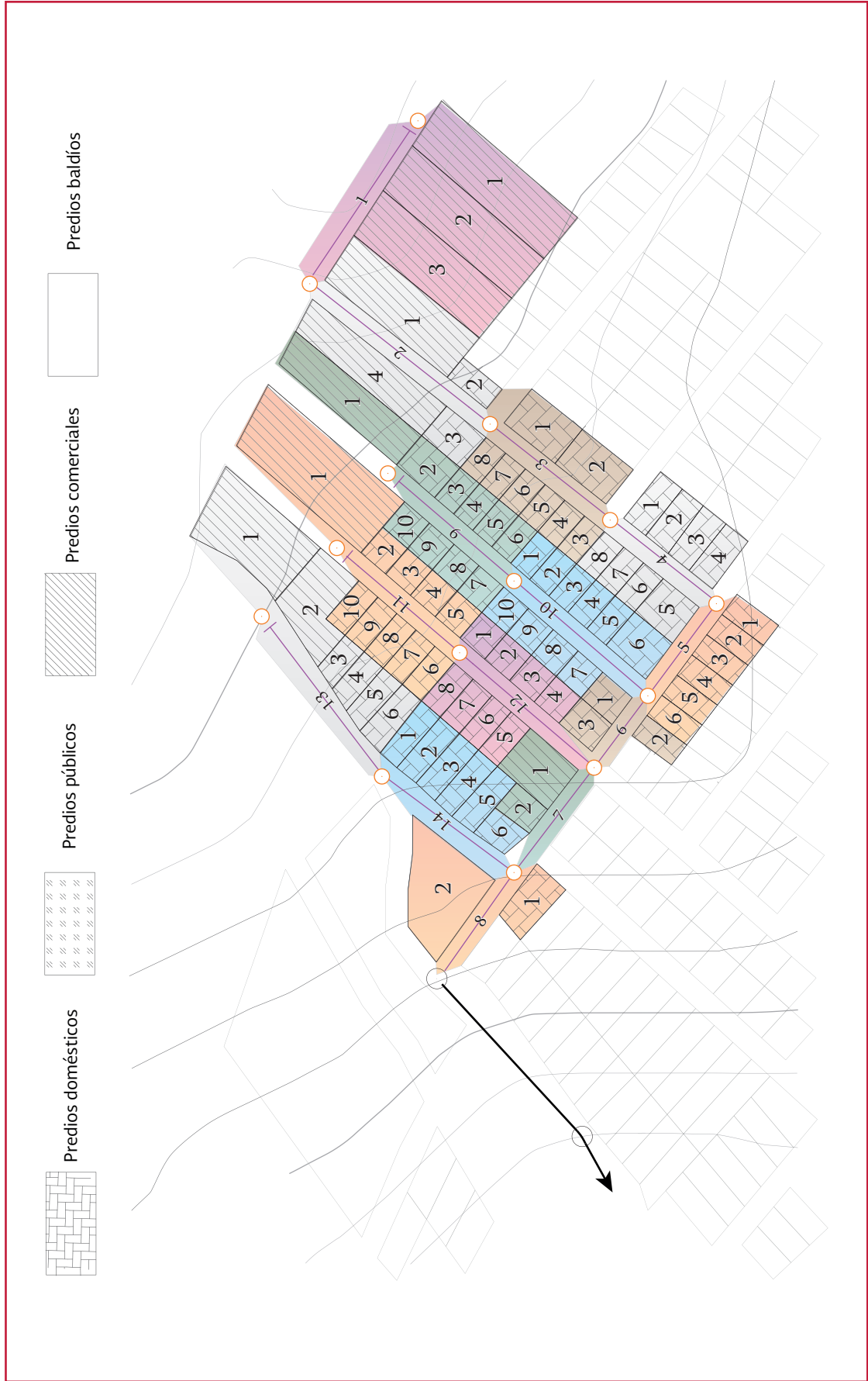


Tabla 4.1 Promedio del consumo de agua potable estimado por clima predominante

Clima	Consumo L/(hab d)		
	Bajo	Medio	Alto
Cálido Húmedo	198	206	243
Cálido Subhúmedo	175	203	217
Seco o Muy Seco	184	191	202
Templado o Frío	140	142	145

Los gastos de diseño se obtienen siguiendo el procedimiento descrito en el 3.1.3 y que se presenta de forma secuencial en la Tabla 4.2, donde:

**Columna 1.** Numero de tramo, de acuerdo con la Ilustración 4.8

**Columna 2.** Pozo de origen del tramo de acuerdo con la Ilustración 4.8

**Columna 3.** Pozo de destino del tramo de acuerdo con la Ilustración 4.8

**Columna 4.** Número de usuarios domésticos asignados a cada tramo, de acuerdo con la Ilustración 4.9 y considerando un índice de hacinamiento de 3.7

**Columna 5.** Número de usuarios tributarios domésticos que descargan a cada tramo, de acuerdo con la Ilustración 4.9. Por ejemplo, el tramo 10 descarga el gasto de aporte en el tramo 6

**Columna 6.** Número de usuarios domésticos acumulados sobre el tramo, de forma lineal, de acuerdo con la Ilustración 4.9. Por ejemplo, el tramo 4 cuenta con 30 usuarios domésticos propios, más 30 del tramo 3 y siete del tramo 2

**Columna 7.** Número de predios comerciales asignados a cada tramo, de acuerdo con la Ilustración 4.9

Tabla 4.2 Estimación del gasto de aporte por tramo

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tramo	Pozo origen	Pozo final	Usuarios					
			Domésticos			Comerciales		
			Propios	Tributarios	Acumulados	Propios	Tributarios	Acumulados
9	12	13	33	0	33	1	0.0	1.0
10	13	6	37	33	70	0	1.0	1.0
11	11	14	33	0	33	1	0.0	1.0
12	14	7	30	33	63	0	1.0	1.0
13	10	9	15	0	15	2	0.0	2.0
14	9	8	22	15	37	0	2.0	2.0
1	1	2	0	0	0	3.0	0.0	3.0
2	2	3	7	0	7	2.0	3.0	5.0
3	3	4	30	7	37	0.0	5.0	5.0
4	4	5	30	37	67	0.0	5.0	5.0
5	5	6	22	67	89	0.0	5.0	5.0
6	6	7	11	159	170	0.0	6.0	6.0
7	7	8	4	233	237	1.0	7.0	8.0
8	8	C	4	274	278	0.0	10.0	10.0

**Columna 8.** Número de predios tributarios comerciales que descargan a cada tramo, de acuerdo con la Ilustración 4.9

**Columna 9.** Número de predios comerciales acumulados sobre el tramo, de forma lineal, de acuerdo con la Ilustración 4.9

**Columna 10.** Coeficiente de Harmon, calculado de acuerdo con el apartado 3.1.3.3, que para este caso, al tener una población menor a 1 000 habitantes, resulta de 3.8

**Columna 11.** Gasto mínimo, que resulta igual a 1 L/s, considerando una descarga de un inodoro de 6 litros, de acuerdo con la Tabla 3.1

**Columna 12.** Gasto medio anual de aporte, calculado de acuerdo con el apartado 3.1.3.1 y que resulta de multiplicar la columna 6 por la dotación de 203 L/(hab d) más la columna 9 por el la

dotación comercial de 500 L/pedio; todo multiplicado por el coeficiente de aporte de 0.75 y dividido por 86 400 s/d

**Columna 13.** Gasto máximo instantáneo de aporte, calculado de acuerdo con el apartado 3.1.3.3. Se debe considerar que este valor solo debe afectar al gasto doméstico, por lo que para omitir los predios comerciales, el cálculo resulta de multiplicar la columna 6 por la dotación de 203 L/(hab d) por el coeficiente de Harmon (columna 10), más la columna 9 por el la dotación comercial de 500 L/pedio; todo multiplicado por el coeficiente de aporte de 0.75 y dividido por 86 400 s/d

**Columna 14.** Gasto máximo extraordinario de aporte, calculado de acuerdo con el apartado 3.1.3.4 y que resulta de multiplicar la columna 13 por el factor de 1.5

Tabla 4.2 Estimación del gasto de aporte por tramo (continuación)

1	2	3	10	11	12	13	14
Tramo	Pozo origen	Pozo final	Coeficiente de Harmon	Gasto de agua residual			
				Qmin	Qmed	Qmax inst	QMax Prev
				L/s	L/s	L/s	L/s
9	12	13	3.8	1	0.06	0.23	0.34
10	13	6	3.8	1	0.13	0.48	0.71
11	11	14	3.8	1	0.06	0.23	0.34
12	14	7	3.8	1	0.12	0.43	0.64
13	10	9	3.8	1	0.03	0.11	0.16
14	9	8	3.8	1	0.07	0.26	0.38
1	1	2	3.8	1	0.01	0.01	0.02
2	2	3	3.8	1	0.03	0.07	0.11
3	3	4	3.8	1	0.09	0.27	0.40
4	4	5	3.8	1	0.14	0.47	0.70
5	5	6	3.8	1	0.18	0.62	0.92
6	6	7	3.8	1	0.33	1.17	1.75
7	7	8	3.8	1	0.45	1.62	2.43
8	8	C	3.8	1	0.53	1.90	2.85

### 4.3.3 PENDIENTE DE LA TUBERÍA

Definido el material y el diámetro de los tramos, se debe establecer la profundidad mínima de los pozos de visita y la tubería.

Como propuesta inicial se considera tubería de PVC, con diámetro de 200 mm, de acuerdo con el apartado 3.1.4.3 y en función de esto, la propuesta inicial de la pendiente depende de tres condiciones.

1. La topografía del terreno. En todo momento se debe procurar apegarse a la topografía del sitio, siempre y cuando esta sea positiva en la dirección del flujo
2. La profundidad mínima necesaria para la tubería; que en este caso para tubería de PVC, la profundidad mínima es de 0.90 m, de acuerdo con el apartado 3.1.5 y el apartado 5.3.
3. La pendiente mínima recomendada por diámetro y material de tubería, de acuerdo con el apartado 3.1.4.2 para tubería de 200 mm de PVC es de 2 m/km

Entonces la Tabla 4.3, presenta el procedimiento de cálculo de la propuesta inicial de la pendiente para cada tramo.

**Columna 15.** Longitud del tramo, de acuerdo con la Ilustración 4.10

**Columna 16.** Cota de terreno en cada pozo de visita de inicio, para cada tramo de tubería, de acuerdo con la Ilustración 4.10

**Columna 17.** Cota de terreno en cada pozo de visita de final, para cada tramo de tubería, de acuerdo con la Ilustración 4.10

**Columna 18.** Pendiente del terreno, que resulta de la diferencia de la cota inicial y cota final de cada tramo, dividida entre la longitud, en milésimas, es decir:

$$columna\ 18 = \left( \frac{columna\ 16 - columna\ 17}{columna\ 15} \right) (1000)$$

**Columna 19.** Cota de plantilla en cada pozo de visita de inicio, para cada tramo de tubería, de acuerdo con la Ilustración 4.10, la cual se propone bajo dos condiciones:

1. Si es cabeza de atarjea, se propone una profundidad mínima de 1.10 m
2. Si es pozo de mantenimiento, la profundidad resulta del mayor valor de profundidad entre el cálculo de la profundidad de plantilla, en función del pozo aguas arriba (fila inmediata superior, columna 20) o la profundidad mínima de 1.10 m

**Columna 20.** Cota de plantilla en cada pozo de visita de final, para cada tramo de tubería, de acuerdo con la Ilustración 4.10, la cual se propone bajo tres condiciones:

1. Siguiendo la pendiente del terreno, siempre que esta sea positiva en el sentido del flujo, es decir:

$$Cota_{plantilla\ final} = Cota_{plantilla\ inicio} - \frac{(Longitud)(pendiente)}{1000}$$

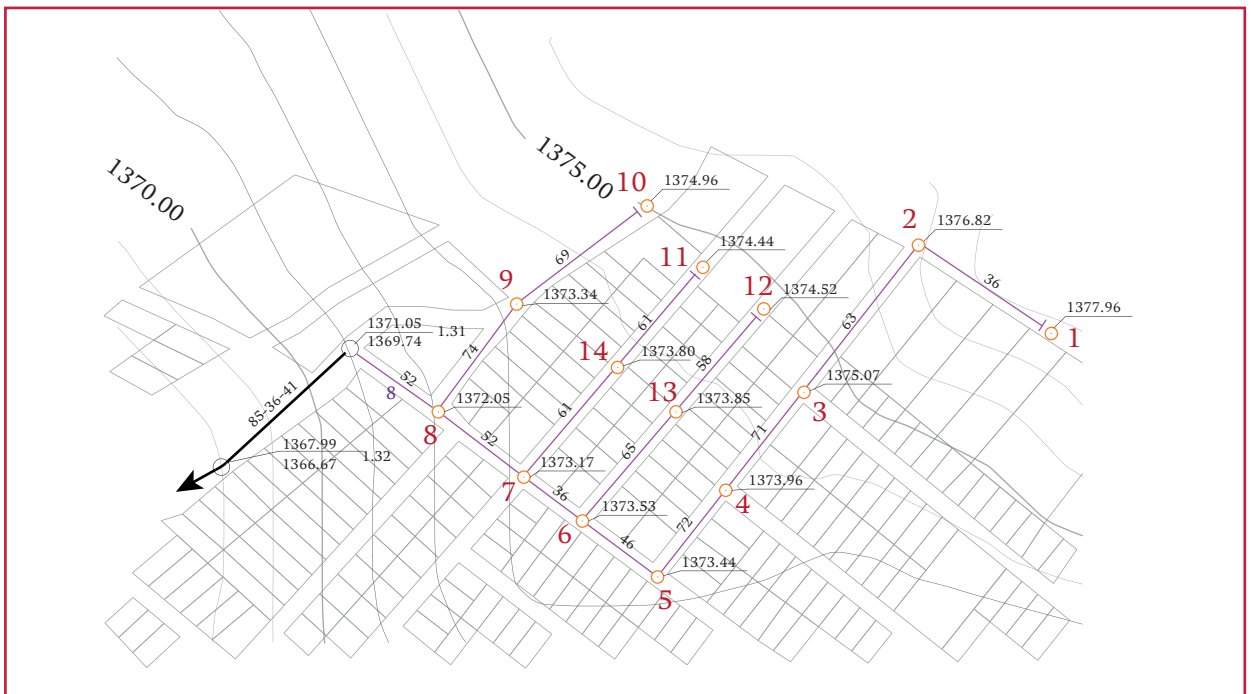
$$columna\ 20 = columna\ 19 - \frac{(columna\ 15)(columna\ 18)}{1000}$$

2. La profundidad mínima de 1.10 m
3. Si la pendiente del terreno, es menor a la recomendada en el apartado 3.1.4.2 en el sentido del flujo, es decir 2 m/km, se considera esta última, para la propuesta

Tabla 4.3 Estimación de la pendiente por tramo

1	2	3	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Tramo	Pozo origen	Pozo final	Longitud	Cota de terreno		Pendiente de terreno (mm)	Cota de plantilla		Profundidad		Pendiente (mm)
				Inicial	Final		Inicial	Final	Inicial	Final	
			m	msnm	msnm	msnm	msnm	m	m	m	m
9	12	13	58	1374.52	1373.85	11.6	1373.42	1372.75	1.10	1.10	12
10	13	6	65	1373.85	1373.53	4.9	1372.75	1372.43	1.10	1.10	5
11	11	14	61	1374.44	1373.80	10.5	1373.34	1372.70	1.10	1.10	10
12	14	7	61	1373.80	1373.17	10.3	1372.70	1372.07	1.10	1.10	10
13	10	9	69	1374.96	1373.34	23.5	1373.86	1372.24	1.10	1.10	23
14	9	8	74	1373.34	1372.05	17.4	1372.24	1370.95	1.10	1.10	17
1	1	2	36	1377.96	1376.82	31.7	1376.86	1375.72	1.10	1.10	32
2	2	3	63	1376.82	1375.07	27.8	1375.72	1373.97	1.10	1.10	28
3	3	4	71	1375.07	1373.96	15.6	1373.97	1372.86	1.10	1.10	16
4	4	5	72	1373.96	1373.44	7.2	1372.86	1372.34	1.10	1.10	7
5	5	6	46	1373.44	1373.53	-2.0	1372.34	1372.25	1.10	1.28	2
6	6	7	36	1373.53	1373.17	10.0	1372.25	1371.89	1.28	1.28	10
7	7	8	52	1373.17	1372.05	21.5	1371.89	1370.77	1.28	1.28	22
8	8	C	52	1372.05	1371.05	19.2	1370.77	1369.77	1.28	1.28	19

Ilustración 4.10 Cotas de terreno en pozos de visita y longitud de tramos de tubería



**Columna 21.** Profundidad cada pozo de visita de inicio, para cada tramo de tubería, de acuerdo con la Ilustración 4.10, la cual resulta de restar la columna 19 a la columna 16

**Columna 22.** Profundidad cada pozo de visita de final, para cada tramo de tubería, de acuerdo con la Ilustración 4.10, la cual resulta de restar la columna 20 a la columna 17

**Columna 23.** Pendiente propuesta. la cual resulta como:

$$Columna\ 23 = \frac{1000(Columna\ 19 - Columna\ 20)}{Columna\ 15}$$

#### 4.3.4 CONDICIONES HIDRÁULICAS A TUBO LLENO Y A SUPERFICIE LIBRE

Con las condiciones propuestas, se debe realizar el análisis hidráulico considerando la capacidad hidráulica del tubo trabajando completamente lleno y parcialmente lleno bajo las condiciones expresadas en los apartados 2.1, 3.1.4, 3.1.5, 3.1.6 y 3.1.8, tal como se muestra en la Tabla 4.4.

Para calcular las variables hidráulicas a tubo total y parcialmente lleno. El procedimiento es el siguiente:

**Columna 24.** Diámetro Propuesto para cada tramo

**Columna 25.** La velocidad a tubo lleno se calcula con la ecuación de *Manning* (Ecuación 3.7), considerando un coeficiente de rugosidad,  $n = 0.009$  (Tabla 3.13), diámetro de 20 cm y la pendiente de la columna 23, es decir:

$$V = \frac{1}{n} \left( \frac{D}{4} \right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$Columna\ 25 = \frac{1}{0.009} \left[ \frac{Columna\ 24}{4(100)} \right]^{\frac{2}{3}} \left( \frac{Columna\ 23}{1000} \right)^{\frac{1}{2}}$$

**Columna 26.** El gasto a tubo lleno se calcula con la ecuación de continuidad, es decir:

$$Q = VA$$

$$Columna\ 26 = Columna\ 25 \left[ \frac{\pi}{4} \left( \frac{Columna\ 24}{100} \right)^2 \right]$$

**Columna 27.** El tirante máximo, resulta de evaluar las condiciones de flujo normal para el mayor de los valores entre el flujo máximo previsto (Columna 14) y el flujo mínimo (Columna 11) a través de las ecuaciones, tablas y gráfica presentada en el apartado 3.2.2 es posible determinar el tirante para cada uno de los tramos.

También es posible determinar el tirante a través de la resolución de la ecuación de *Manning* (Ecuación 3.7) en la siguiente forma:

$$Q = \frac{A}{n} Rh^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = \frac{1}{n} \frac{A^{\frac{5}{2}}}{P_m^{\frac{2}{3}}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{Qn}{S^{\frac{1}{2}}} = \frac{A^{\frac{5}{2}}}{P_m^{\frac{2}{3}}}$$

Buscando el tirante que satisface la igualdad, a través de métodos numéricos como Newton-Raphson, secante, punto medio, entre otros. Para mayor abundamiento en la resolución de estas ecuaciones para geometrías distintas a la circular se recomienda revisar Sotelo (2009)

**Columna 28.** Con el tirante calculado en la columna 27, se puede calcular el área a través de la Ecuación 3.13

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left( 1 - \frac{\text{Columna 27}}{10 \text{ cm}} \right)$$

$$\text{Columna 28} = (0.1)^2 \left[ \frac{\pi\theta}{360} - \frac{\text{sen}\theta}{2} \right]$$

**Columna 29.** La velocidad para condiciones de operación (reales) se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{\text{Max}(\text{Columna 11}, \text{Columna 14})}{\text{Columna 28}}$$

Se debe verificar que los valores de tirante (Columna 27) y de velocidad (Columna 29) se encuentren dentro de los límites mínimos y máximos. En caso contrario, se deberá proponer un valor de pendiente tal, que se satisfagan

estos límites. Considere que a mayor pendiente, aumenta la velocidad pero disminuye el tirante.

En muchos casos, principalmente en cabezas de atarjea, se presenta el problema de que no se puede satisfacer los valores mínimos de tirante o velocidad de forma simultánea, en estos casos se debe dar prioridad a la velocidad para evitar azolves en la tubería.

Como puede observarse, el tramo 10 descarga al pozo 6 a una cota superior de la descarga del tramo 5. Esta situación no representa un problema siempre que la cota de llegada del tributario no este por debajo de la plantilla del pozo del colector. Bajo esta condición, la llegada del tributario (tramo 10) está 18 centímetros por encima de la plantilla del pozo por lo que no se requiere un ajuste. Podría ajustarse la pendiente del tramo 10 tal que la des-

Tabla 4.4 Condiciones hidráulicas a tubo lleno y a superficie libre

1	2	3	24	25	26	27	28	29
Tramo	Pozo origen	Pozo final	Diámetro	A tubo lleno		Tirante	Área	Velocidad real
				Velocidad	Gasto	$y_{\max}$		
			cm	$V_{\parallel}$ (m/s)	$Q_{\parallel}$ (L/s)	cm	m <sup>2</sup>	m/s
9	12	13	20	1.62	50.92	1.94	0.00157	0.64
10	13	6	20	1.06	33.24	2.38	0.00211	0.47
11	11	14	20	1.54	48.53	1.99	0.00162	0.62
12	14	7	20	1.53	48.15	2.00	0.00163	0.61
13	10	9	20	2.31	72.59	1.64	0.00122	0.82
14	9	8	20	1.99	62.55	1.76	0.00136	0.74
1	1	2	20	2.68	84.31	1.53	0.00110	0.91
2	2	3	20	2.51	78.96	1.58	0.00115	0.87
3	3	4	20	1.89	59.24	1.81	0.00141	0.71
4	4	5	20	1.28	40.26	2.17	0.00185	0.54
5	5	6	20	0.67	21.19	2.96	0.00290	0.35
6	6	7	20	1.51	47.38	2.63	0.00244	0.72
7	7	8	20	2.21	69.53	2.56	0.00235	1.04
8	8	C	20	2.09	65.70	2.84	0.00273	1.04



carga coincidiera con la del tramo 5, cuidando los límites de velocidad, sin embargo esto incrementaría el volumen de excavación. Si la diferencia entre cotas de llegada fuese mayor, valdría la pena considerar una estructura con caída adosada.

#### 4.3.5 CALCULO DE VOLÚMENES DE EXCAVACIÓN Y RELLENO

Una vez establecidas las características de la red de atarjeas, es posible realizar la cualificación de los materiales que se requerirán para realizar el proyecto. Como complemento a la tabla de cálculo, se presenta la estimación de los volúmenes de excavación, volumen de material para plantilla y de relleno, observe la Tabla 4.6, donde:

**Columna 30.** Es la profundidad media del tramo, que se obtiene del promedio de profundidades calculadas en las columnas 21 y 22 más 10 centímetros para la plantilla

**Columna 31.** Se propone un ancho de zanja de 60 centímetros, que es el ancho mínimo para excavación por medios mecánicos, de acuerdo con el apartado 5.1.1.1

**Columna 32.** El volumen de excavación se determina multiplicando la profundidad promedio (Columna 30), por el ancho de zanja (Columna 31) y la longitud del tramo (Columna 32)

**Columna 33.** El volumen de plantilla se obtiene considerando un espesor de 10 centímetros, de acuerdo con el apartado 3.1.5.3. Esto multiplicado por el ancho de zanja (Columna 31) y la longitud del tramo (Columna 32)

**Columna 34.** El volumen de relleno se obtiene restando del volumen de excavación (Columna 32), el volumen

de plantilla (Columna 33) y el volumen que ocupa la tubería, lo cual resulta de multiplicar el área de la sección transversal por la longitud del tramo

Cabe destacar que para efectos de este ejemplo no se consideran índices de rendimiento, abundamiento ni condiciones geotécnicas del suelo.

Una vez resuelto el análisis hidráulico es posible presentar el plano con los parámetros calculados y con los símbolos normalizados que se presentan en la Ilustración 3.15, además el plano debe contener la información general del proyecto, tal como se presenta en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5 Datos generales del proyecto

Población	303	Hab
Dotación	203	L/(hab d)
Aportación	152.25	L/(hab d)
Coefficiente de Harmon	3.8	
$Q_{min}$	0.27	L/s
$Q_{med}$	0.53	L/s
$Q_{maxinst}$	2.03	L/s
$Q_{maxExt}$	3.04	L/s
Coefficiente de Manning	0.009	

En este plano (Ilustración 4.11), o en planos anexos debe indicarse además, el tipo de obras accesorias que se consideraron en el diseño y que deben ser respetadas por el constructor (Estos detalles no se incluyen en la ilustración mencionada, por cuestiones de espacio, pero pueden consultarse en el anexo B de planos) y en el plano se debe entregar perfil del colector principal con todos sus elementos.

Además, los planos generados en el proceso de diseño serán la base para integrar el anteproyecto o proyecto ejecutivo, necesario para ejecutar la obra, el cual se explica detalle en el libro *Proyectos ejecutivos del MAPAS*.



Tabla 4.6 Calculo de volúmenes de excavación y relleno

1	2	3	30	31	32	33	34
Tramo	Pozo origen	Pozo final	Profundidad media del tramo	Ancho de zanja	Excavación	Plantilla	Relleno
			m	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
9	12	13	1.20	0.6	41.76	3.48	36.46
10	13	6	1.20	0.6	46.80	3.90	40.86
11	11	14	1.20	0.6	43.92	3.66	38.34
12	14	7	1.20	0.6	43.92	3.66	38.34
13	10	9	1.20	0.6	49.68	4.14	43.37
14	9	8	1.20	0.6	53.28	4.44	46.52
1	1	2	1.20	0.6	25.92	2.16	22.63
2	2	3	1.20	0.6	45.36	3.78	39.60
3	3	4	1.20	0.6	51.12	4.26	44.63
4	4	5	1.20	0.6	51.84	4.32	45.26
5	5	6	1.29	0.6	35.63	2.76	31.42
6	6	7	1.38	0.6	29.84	2.16	26.55
7	7	8	1.38	0.6	43.11	3.12	38.35
8	8	C	1.38	0.6	43.11	3.12	38.35

#### 4.4 DISEÑO A TRAVÉS DE UN MODELO DE SIMULACIÓN

Como se mencionó en el apartado 3.3, es posible realizar el análisis del funcionamiento hidráulico para el diseño de una red de alcantarillado, bajo distintos escenarios y condiciones de operación.

En el proceso de cálculo presentado de la Tabla 4.2 a la Tabla 4.6, permite analizar el comportamiento de la red bajo las condiciones más extremas, es decir las condiciones de gasto máximo.

Este análisis no considera variación del gasto en el tiempo, por lo que el resultado obtenido corresponde a un instante en el tiempo.

Sin embargo, estas condiciones se presentarán de forma muy aislada en la red, por lo cual siempre será recomendable realizar un análisis del funcionamiento del sistema considerando la variación del flujo.

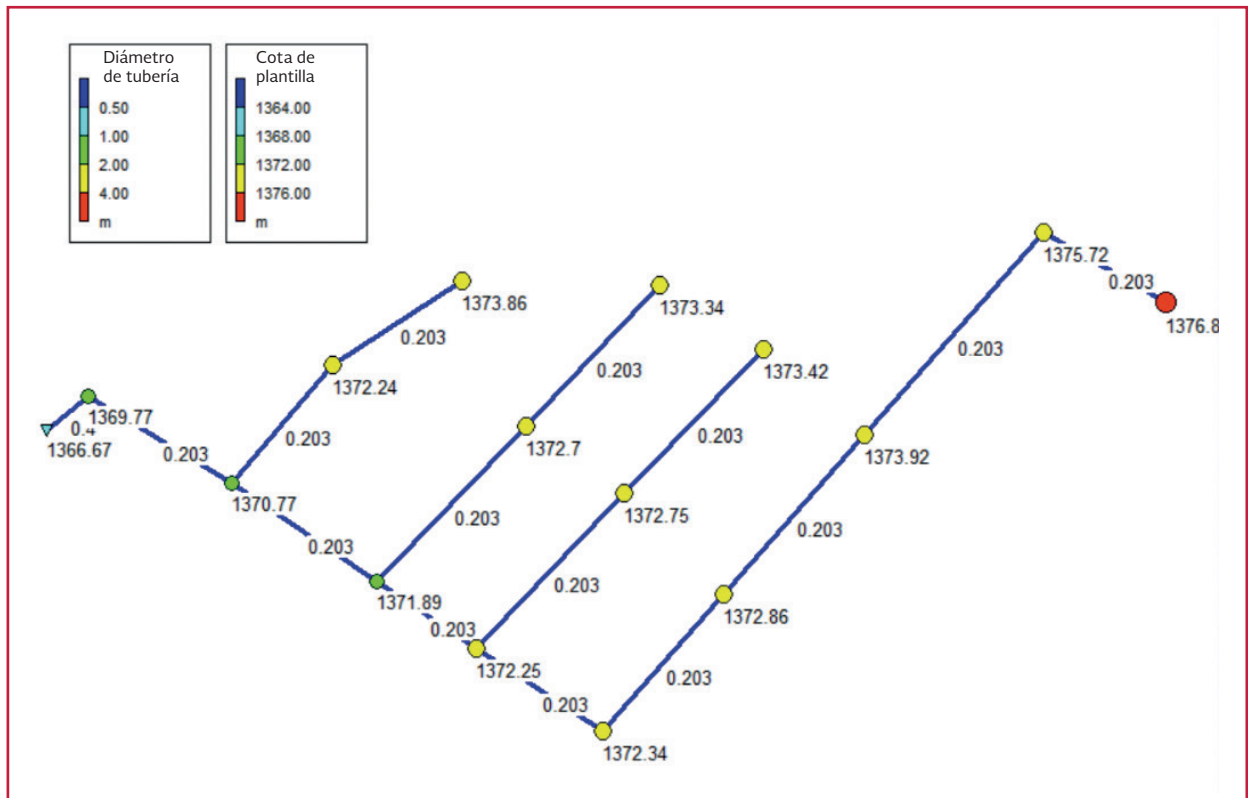
##### 4.4.1 DEFINICIÓN DE DATOS GEOMÉTRICOS

En la Ilustración 4.12 se muestra la creación del modelo para la red de ejemplo, con las cotas de plantilla y los diámetros de los tramos de tubería.

##### 4.4.2 DATOS DEL FLUJO Y CONDICIONES DE OPERACIÓN

En el modelo se establecen las condiciones de flujo y de operación de la red, además el modelo

Ilustración 4.12 Datos geométricos



permite considerar la variación del gasto de aporte, de acuerdo con las curvas de variación horaria que se presentan en el libro de *Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado*, del MAPAS y cabe mencionar que para modelos que consideran variación en el tiempo se debe utilizar el gasto medio, dado que la curva de variación horaria, considera los factores de gasto máximo. En la Ilustración 4.13 se presenta el flujo asignado por nodo y que corresponde a la asignación de la Ilustración 4.9 y puede observarse la curva de variación horaria considerada para el diseño.

#### 4.4.3 CÁLCULO HIDRÁULICO

Una vez ingresados los datos en el modelo, es posible realizar simulación, durante un periodo de tiempo establecido, que para este ejemplo

es de 24 horas. La Ilustración 4.14 muestra los resultados obtenidos del modelo, en el cual, se muestra el flujo que pasa por cada pozo de visita y la velocidad en los tramos de tubería, de la cual se puede observar que en algunos tramos se presentan velocidades menores a 0.3 m/s, situación que no se pudo detectar en el análisis convencional, por lo cual se debe realizar un ajuste de pendientes de tuberías y por lo tanto de profundidad de pozos de visita, buscando reducir al mínimo los tramos que presenten esta situación, tal como se observa en la Ilustración 4.15.

Como complemento, la Ilustración 4.16 muestra el perfil de la red desde el pozo de visita 1 hasta la descarga en el colector y la Ilustración 4.17 muestra el modelo de simulación para toda la red propuesta en la Ilustración 4.7.

Ilustración 4.13 Datos de flujo

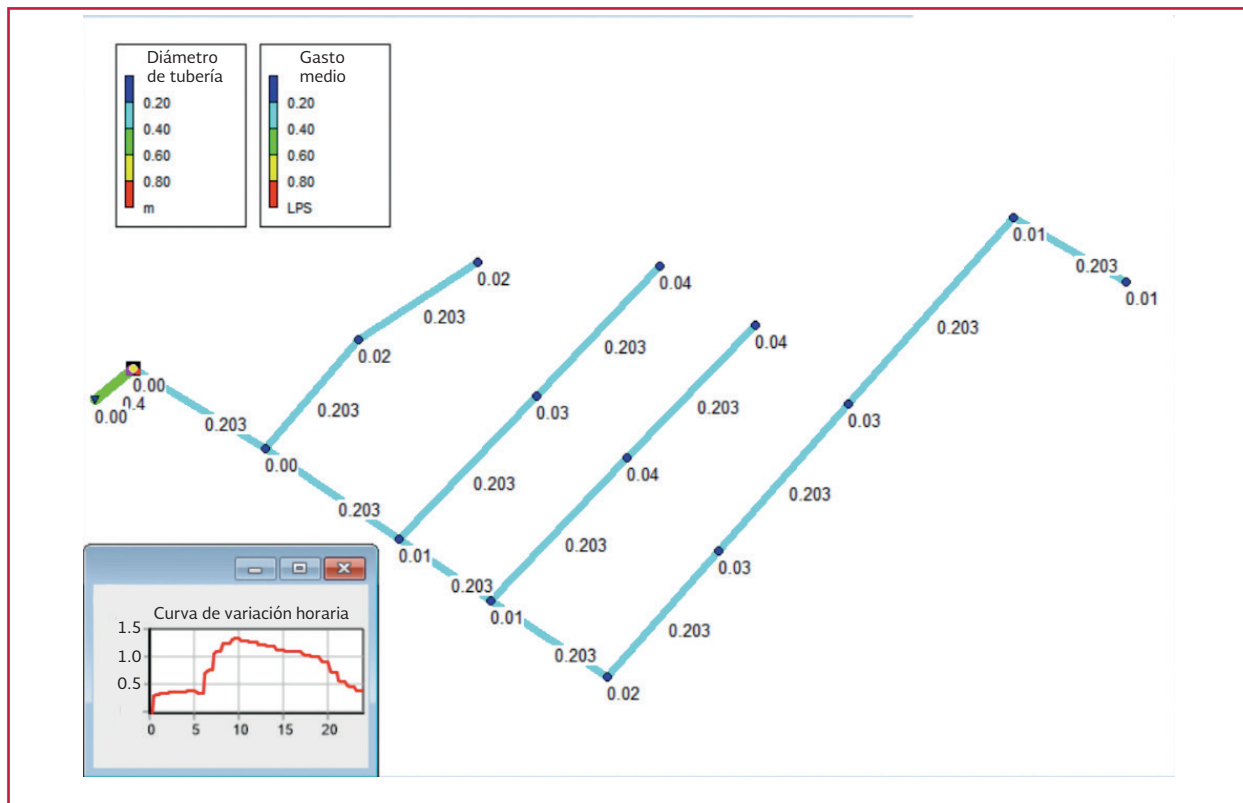


Ilustración 4.14 Resultados iniciales del modelo

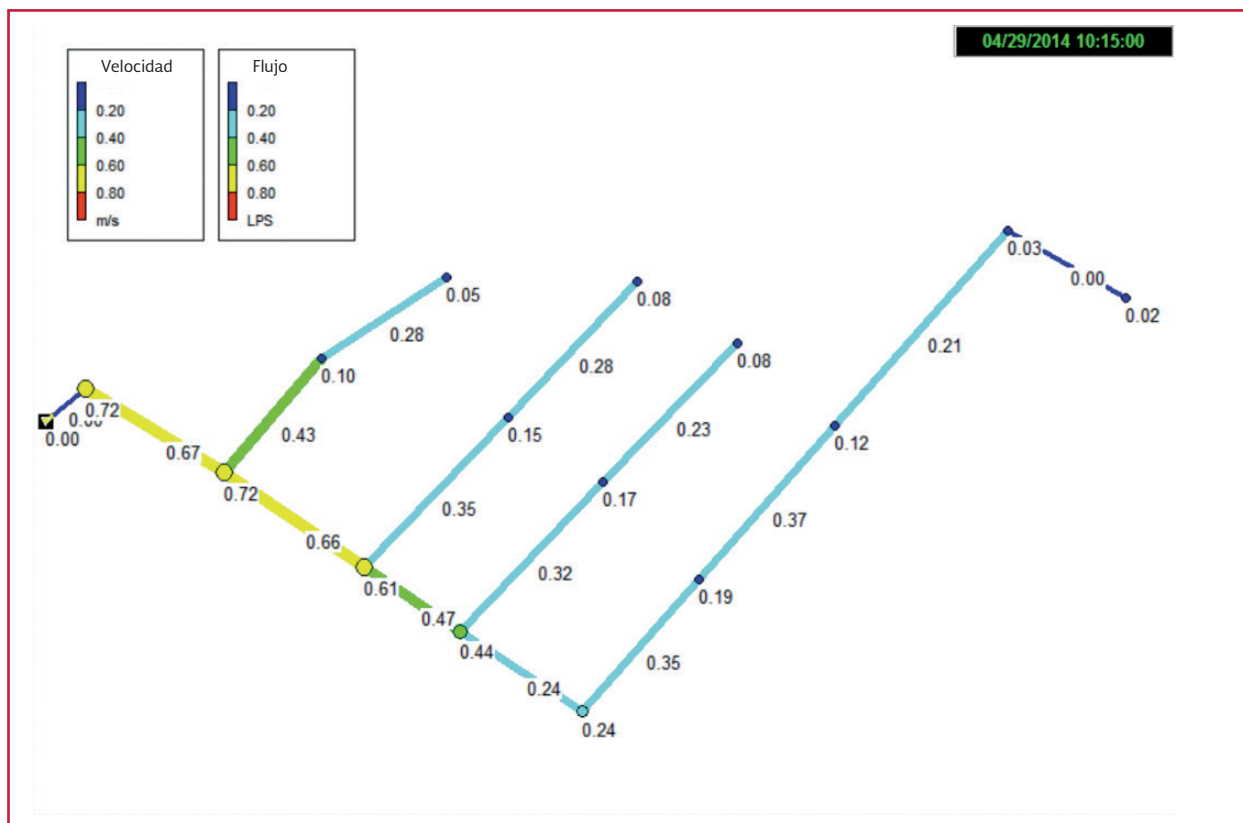
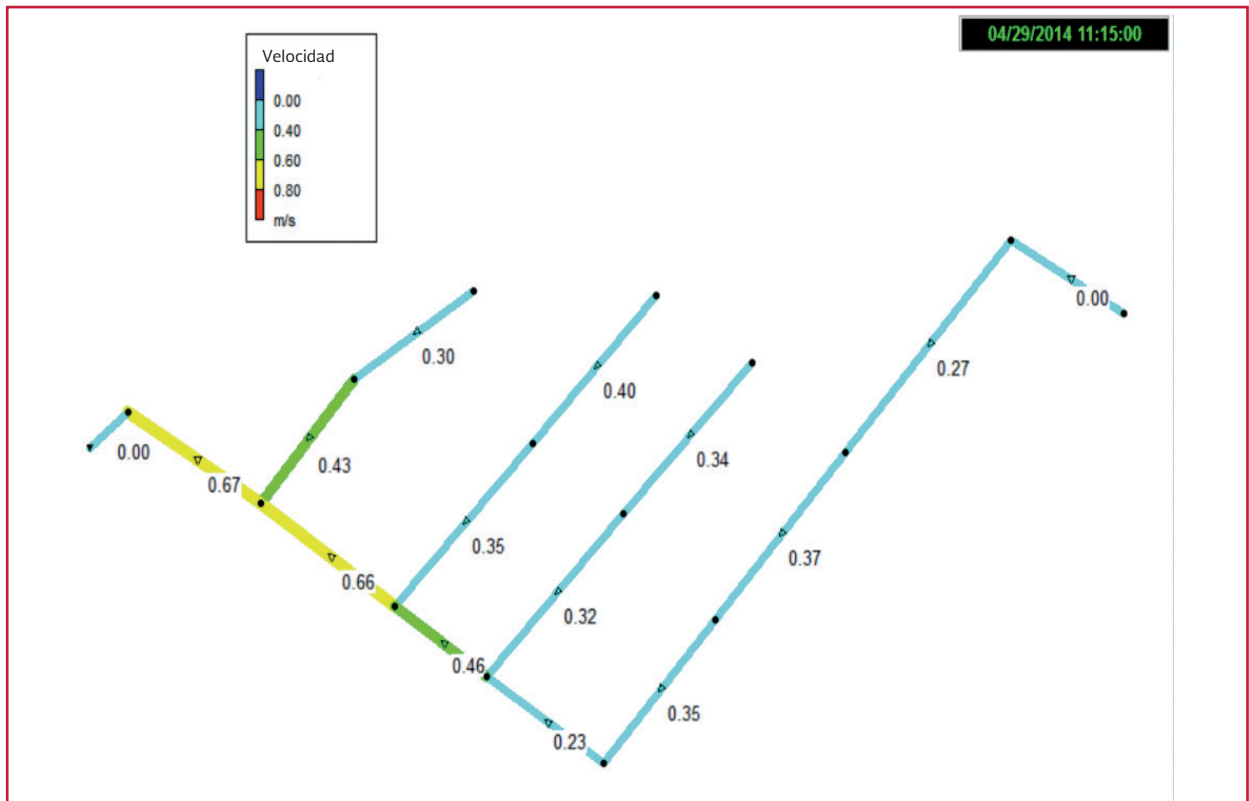


Ilustración 4.15 Ajustes del modelo



Si se realiza adecuadamente, un modelo de simulación hidráulica permite evaluar distintos escenarios, configuraciones y condiciones de operación de forma simple, rápida y económica; sin embargo debe tenerse en cuenta que es muy difícil igualar las condiciones reales, puesto que la modelación matemática

está expuesta a diversas simplificaciones que de no considerarse puede arrojar resultados incorrectos, por lo que es responsabilidad del diseñador integrar adecuadamente el modelo de simulación e interpretar adecuadamente los resultados obtenidos, para poder tomar decisiones.

Ilustración 4.16 Perfil de la red desde el Pozo 1 hasta la descarga a colector

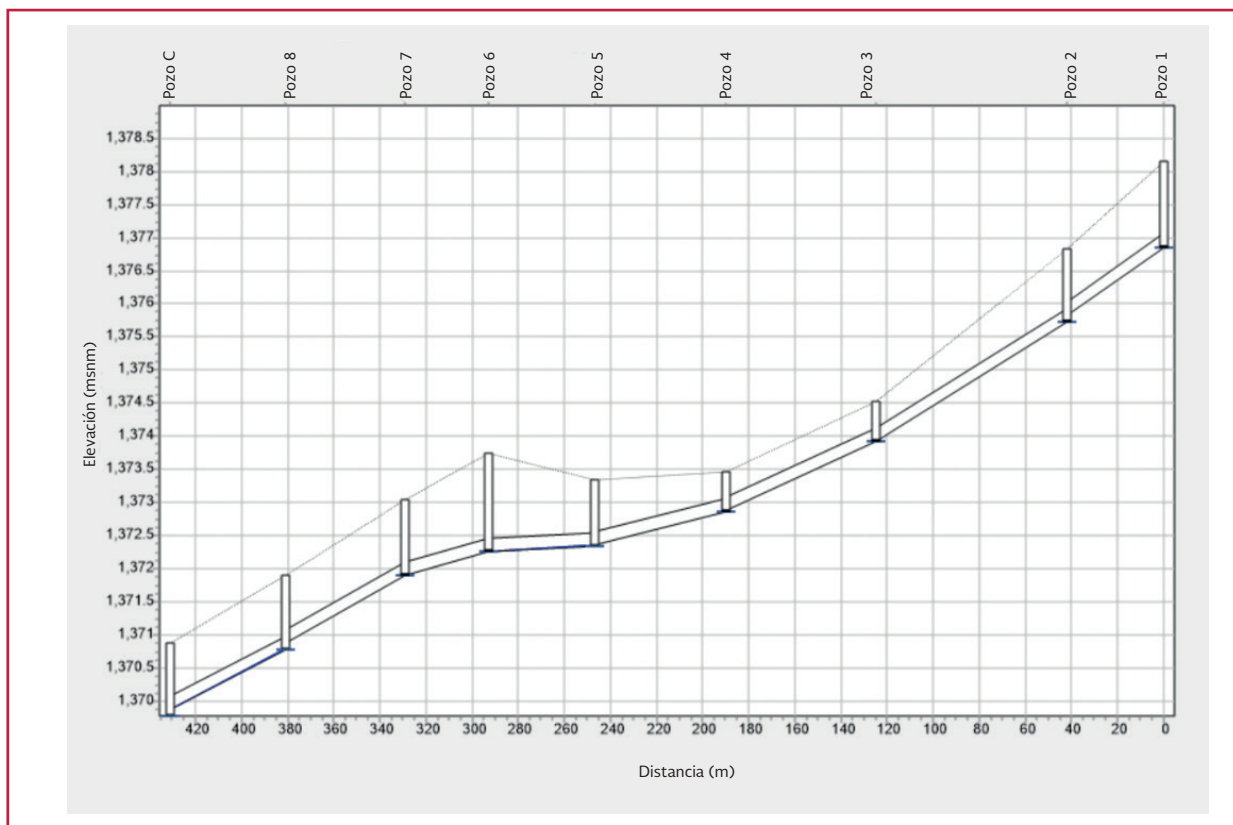
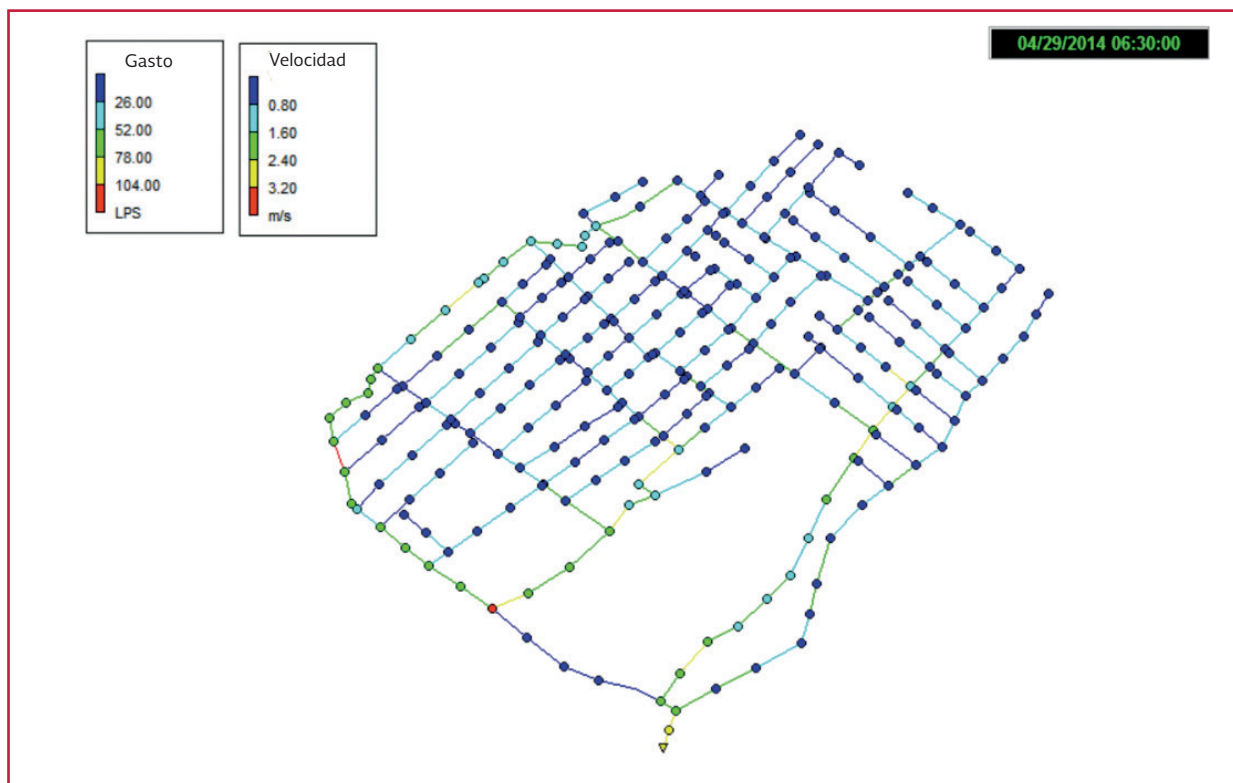


Ilustración 4.17 Modelo de simulación para la red completa



# 5

## 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 mínimas, colchones de relleno mínimos, así como los procedimientos de instalación y mantenimiento más empleados en tuberías de diferentes materiales.

### 5.1 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, 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 o 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.

#### 5.1.1 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 Ilustración 5.1 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



Ilustración 5.1 Tipos de excavación



a) Excavación a mano



b) Excavación a máquina

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.

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 Ilustración 5.2).

#### 5.1.1.1 Ancho de zanja

En la Tabla 5.1, 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.

#### 5.1.1.2 Sistemas de protección de zanjas

Las zanjas excavadas en terrenos inestables exigen un apuntalamiento para evitar hundimientos o 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.

Ilustración 5.2 Procedimientos de excavación en zanja

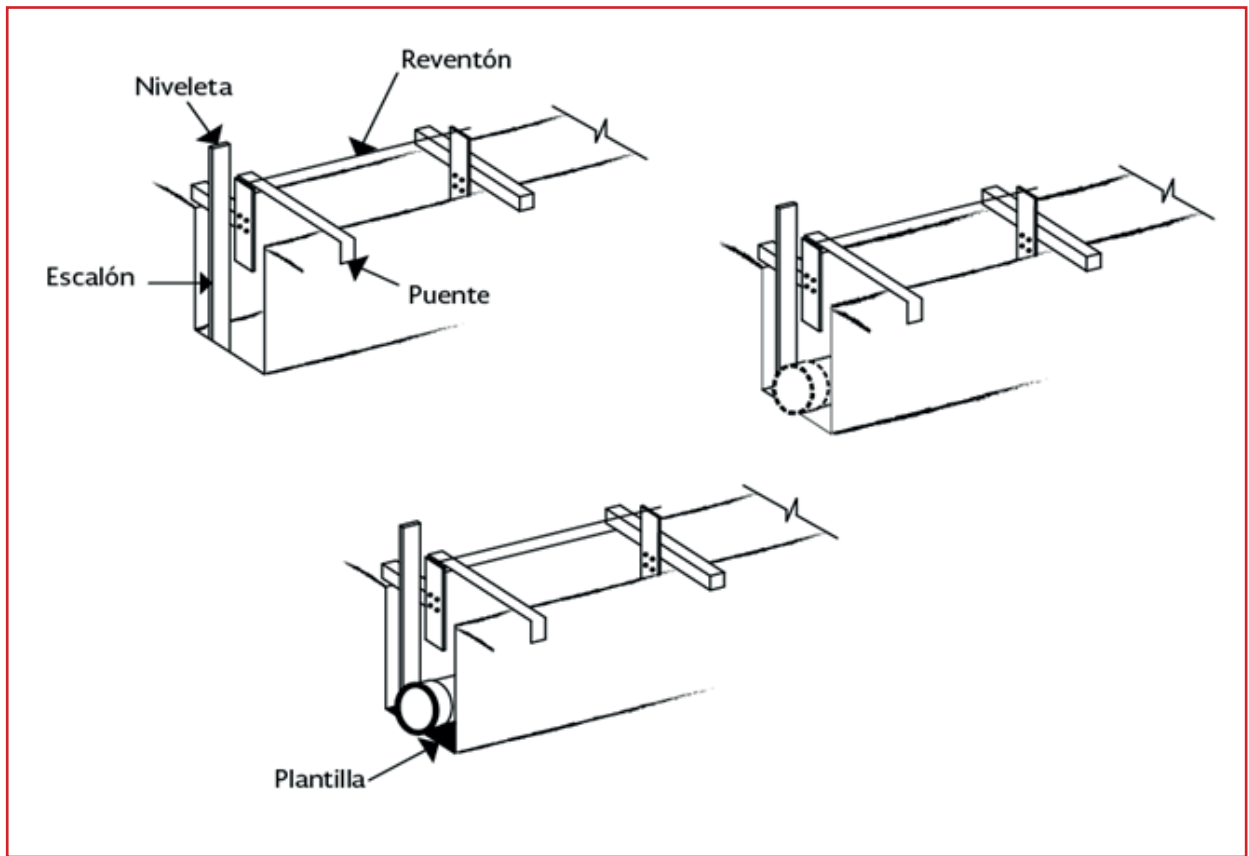


Tabla 5.1 Dimensiones de zanja para tubería de alcantarillado

Diámetro nominal del tubo (mm)	Diámetro nominal del tubo (pulgadas)	Ancho (cm)	Espesor de la plantilla (cm)	Colchón mínimo (cm)
150	6	60	10	90
200	8	60	10	90
250	10	70	10	90
300	12	75	10	90
350	14	85	10	90
400	16	90	10	90
450	18	100	10	110
500	20	110	10	110
600	24	120	10	110
750	30	145	10	110
900	36	170	10	110
750	30	145	10	110
900	36	170	10	110

### **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

### **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.

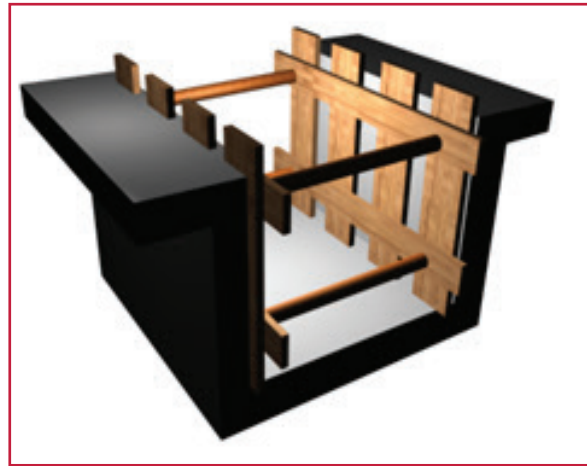
El ademe puede ser simple, si está formado por piezas cortas de madera colocadas verticalmente contra los lados de la zanja, con polines y barrotes cortos que completan el sistema. Puede no ser de longitud uniforme, dependiendo de la consistencia del terreno, dejando algunos huecos en las paredes de la zanja, como indica la Ilustración 5.3.

Ilustración 5.3 Ademe simple



El ademe puede ser cerrado utilizando tablas horizontales para revestir las paredes de la zanja y barrotes verticales con uno o más polines transversales para cada par de barrotes (ver Ilustración 5.4). Este sistema se adapta bien en terrenos de material suelto poco consistente.

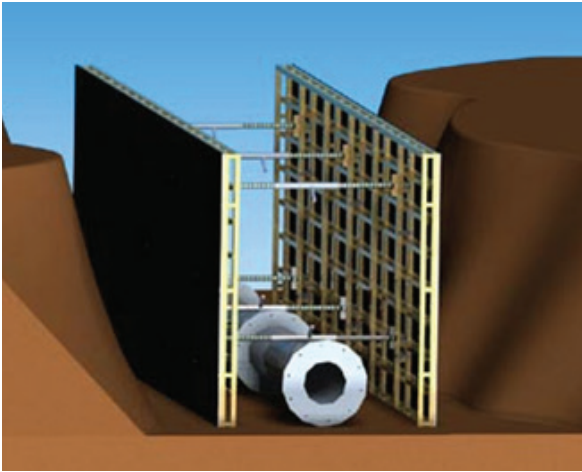
Ilustración 5.4 Ademe cerrado



### **Tablestacado**

Es el sistema de protección de zanjas mejor terminado y más costoso de los utilizados. Puede ser de madera o de acero y se emplea en excavaciones profundas en terrenos blandos y donde se prevé que pueda haber agua subterránea (ver Ilustración 5.5). 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.

Ilustración 5.5 Tablaestacado



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.

#### **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 o tablestacado, así como extraer el agua de la zanja mediante bombas.

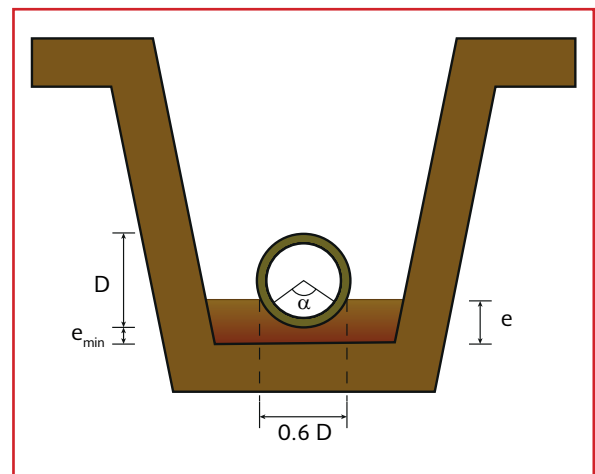
Un sistema de achique en zanjas, es dejar circular el agua por el fondo de la zanja hasta un sumidero, desde el cual se succiona y descarga el agua mediante una bomba. Como el agua puede contener material abrasivo, se recomienda utilizar bombas centrífugas, de diafragma de chorro o vacío.

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.

### 5.1.2 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 por ciento de su diámetro exterior, o el recomendado por el fabricante (ver Ilustración 5.6).

Ilustración 5.6 Plantilla o cama en zanja



Deberán 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 ésta será de 10 cm. El espesor mínimo sobre el eje vertical de la tubería será de 5 centímetros.

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).

En la Tabla 5.1, se indica el espesor recomendable de plantilla, para diferentes diámetros de tubería en diferentes materiales.

### 5.1.3 TUBERÍA DE FIBROCEMENTO

Durante el transporte de los tubos hasta el punto de instalación, es necesario tomar precauciones para evitar que estos se sometan a esfuerzos superiores a los que han sido diseñados y contruidos, en muchas ocasiones los esfuerzos por manipulación son mayores a los que sufre el tubo en servicio, especialmente en lo que a flexión longitudinal se refiere.

#### 5.1.3.1 Transporte

Los tubos se colocan en los vehículos en posición horizontal sobre listones, deben ser transportados de tal forma que se garantice la inmovilidad transversal y longitudinal de la carga, así como la adecuada sujeción de los que se encuentran apilados.

Cuando se utilicen cables o eslingas de acero, éstas deben ser convenientemente protegidas para evitar cualquier daño a la superficie del tubo, que pueda afectar su durabilidad y su desempeño.

La manipulación de los tubos en fábrica, en el transporte y en la instalación en obra debe efectuarse sin que sufran golpes o rozaduras, principalmente en los extremos maquinados (sección de enchufe). Durante el transporte, revise periódicamente la sujeción y buen estado de las estibas, evitando las maniobras bruscas que puedan producir daños.

#### 5.1.3.2 Recepción en obra

El responsable de la obra debe realizar una inspección visual de los tubos desde la descarga, a fin de eliminar del acomodo los defectuosos o dañados durante el transporte. Aunque este hecho es totalmente previsible desde fábrica; para evitar mermas en los proyectos durante la recepción en obra. Las anomalías deben quedar reflejadas en el documento de recepción, anotándose la cantidad de piezas dañadas y el tipo de daño advertido.

#### 5.1.3.3 Descarga

La descarga se puede realizar con los medios materiales y humanos adecuados para que se realice con seguridad.

Deben adoptarse las instrucciones siguientes al respecto:

- No use barretas, cinceles o martillos para cortar los flejes
- No golpee los tubos al cortar los flejes
- Evite que los tubos superiores se resbalen

#### ***Descarga manual***

Los tubos de 0.10 m (4") a 0.25 m (10") de diámetro pueden descargarse a mano; en este caso, la descarga nunca se hará deslizando los tubos sobre sus extremos maquinados, ya que se les puede dañar.

Para descargar con cables y tablonés, estos deben tener la resistencia adecuada al peso de los tubos y la longitud suficiente para que, apoyando uno

de sus extremos sobre la penúltima hilada (cuando vienen apilados) o en la parte baja del tubo, se forme una pendiente no mayor a 45°.

Para tubos de diámetro de 0.30 m (12”) a 0.50 m (20”), se usa el mismo método anterior, con dos hombres arriba de la estiba para pasar los cables alrededor del tubo por bajar y el acuñamiento del siguiente, y dos hombres por cada cable para controlar su extremo y la operación de bajado.

### ***Descarga mecánica***

Los tubos de diámetro mayor a 0.50 m (20”) se pueden descargar con la maquinaria convencional de excavación y de elevación, siempre que se disponga de dispositivos adecuados, con el objeto de controlar con precisión los movimientos de descarga. Es recomendable el empleo de grúas automotrices para la descarga de tubos de peso superior a 300 kg (ver Ilustración 5.7).

Los puntos de contacto de estos implementos deben disponer de protecciones elásticas. Una

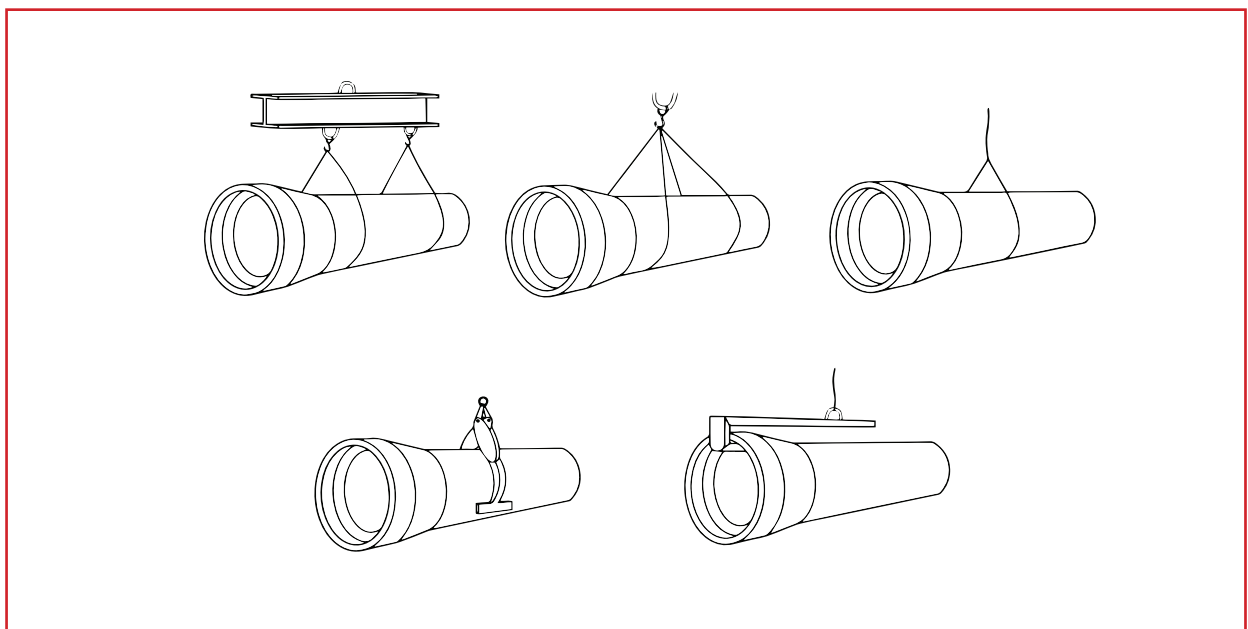
vez suspendido el tubo y hasta situarlo en su lugar de acopio, deben tomarse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Evitar golpes entre tubos y contra el terreno
- Guiar la carga tanto al elevarla como al depositarla (puede utilizar cuerdas de control) para mayor seguridad
- Maniobrar con suavidad
- Nunca situarse debajo de la carga
- Evitar que el tubo quede apoyado sobre puntos aislados o sobre roca
- Después de la descarga evitar que los tubos sean arrastrados o rodados
- Descargarlos lo más cerca posible del lugar donde van a ser instalados

### 5.1.3.4 Acopio de tubos

Al realizarse el acopio de los tubos deben tomarse en cuenta las especificaciones de fabricante. Es recomendable hacer el acopio del mismo lo más cerca posible del punto de instalación.

Ilustración 5.7 Implementos y accesorios para descarga mecánica de los tubos



Existen dos tipos de apilado recomendable para este producto:

### ***Piramidal***

Se deben adoptar precauciones especiales al calzar lateralmente los tubos para evitar que rueden, así como también cuidar que no tenga una altura excesiva el apilamiento para que los tubos de la parte inferior no estén sobrecargados (ver Ilustración 5.8)

### ***Rectangular***

La hilada inferior debe colocarse en una superficie plana y nivelada, apoyándose sobre tabloncillos colocados a 1/5 de los extremos del tubo; además debe calzarse adecuadamente para evitar desplazamientos (ver Ilustración 5.9).

#### 5.1.3.5 Acopio de Anillos de hule en obra

Los anillos de hule se deben almacenar bajo cubierta, en un lugar fresco, seco, protegidos de la luz, especialmente de la radiación solar directa y de las radiaciones artificiales con un elevado índice ultravioleta. Requiere el empleo de con-

tenedores opacos. Y no estar en contacto con materiales líquidos o semisólidos, en especial solventes, aceites, grasas y/o metales.

Asimismo los anillos deben estar libres de esfuerzos de tracción, compresión o de otro tipo que pueda deformarlos; (retorcidos, con peso encima, etc.). Para controlar las necesidades de montaje y evitar errores, los anillos deben estar clasificados, bien localizados y limpios.

#### 5.1.4 PREPARACIÓN DEL TERRENO

Para obtener la máxima protección de la tubería se recomienda que esta se instale en condición de zanja. El tipo de excavación deberá ser de acuerdo a las características del terreno, conservando las pendientes y profundidades que marque el proyecto, el fondo de zanja debe ser de tal forma que provea un apoyo firme y uniforme a lo largo de la tubería (plantilla o cama), ver Ilustración 5.10.

La instalación de la tubería indicada en el proyecto de la red de alcantarillado se hará de aguas abajo hacia aguas arriba a partir de la descarga del emisor, incluyendo sus accesorios, continuando con el colector principal y las atarjeas

Ilustración 5.8 Apilado piramidal

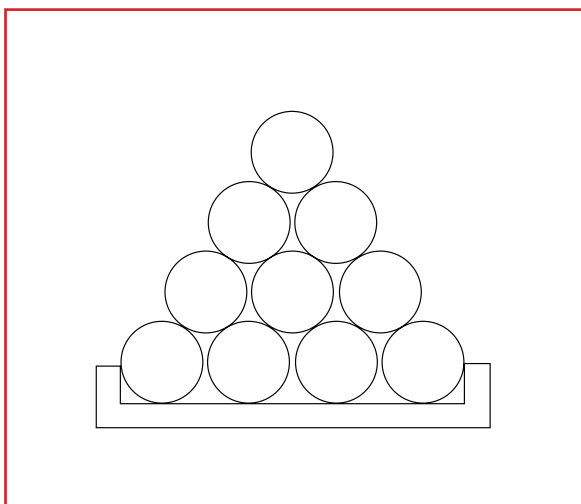


Ilustración 5.9 Apilado rectangular

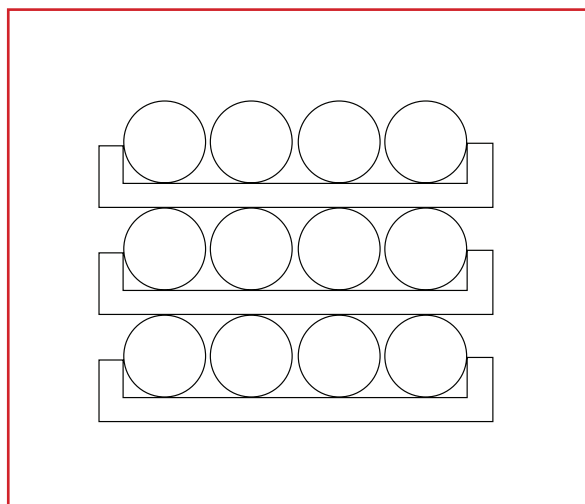
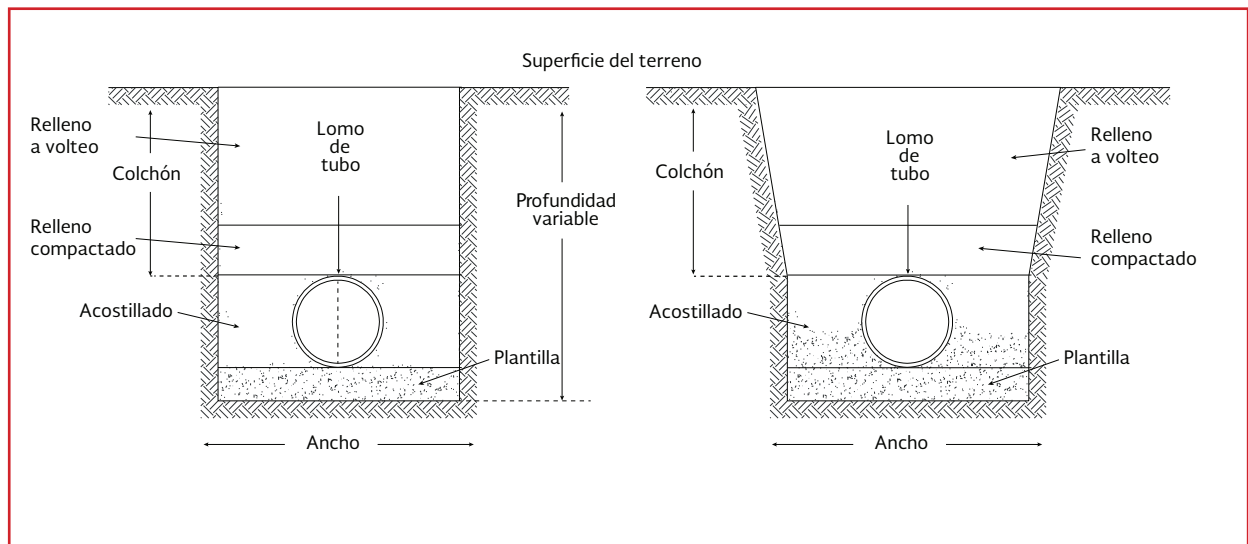


Ilustración 5.10 Representación esquemática de una zanja



que se le unen y los pozos de visita, siempre de aguas abajo hacia aguas arriba.

Las pendientes de la tubería, deben 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 indicados en el proyecto, la ubicación y topografía de las áreas a las que dará servicio. El objetivo de las pendientes es evitar en lo posible, el azolve y la erosión de la tubería.

En donde la pendiente del terreno sea muy fuerte, es conveniente que para el diseño se consideren 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 5.0 m/segundo.

Para la instalación de los tubos en zanja, se fijan puntos de referencia mediante estacas, clavos o cualquier otro procedimiento; a partir de estos puntos se sitúa el eje de la tubería en el fondo de la zanja.

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

- a) Para tuberías de hasta 0.75 m (30") de diámetro, los cambios de dirección son hasta 90° y deben hacerse con un solo pozo común
- b) Si el diámetro de la tubería es mayor a 0.75 m (30") y hasta 0.90 m (36") de diámetro, los cambios de dirección son hasta 45° y deben hacerse con un pozo especial

Si se requieren dar deflexiones mayores que las permitidas, debe emplearse el número de pozos que sea necesario, respetando el rango de deflexión permisible para el tipo de pozo.

Para facilitar las operaciones de inspección y limpieza, se recomiendan las siguientes distancias de acuerdo al diámetro de la tubería:

- a) Para tubería de 0.15 m (6") hasta 0.60 m (24") de diámetro, 125 metros



- b) Para tubería mayor de 0.60 m (24”) hasta 0.90 m (36”) de diámetro, 150 metros

Estas separaciones pueden incrementarse de acuerdo con las distancias de los cruceros de las calles, en un máximo de 10 por ciento.

#### 5.1.4.1 Ancho y Profundidad de la zanja

Las dimensiones de las zanjas quedan determinadas por el proyecto hidráulico de la red, siendo las profundidades variables para albañales, atarjeas, colectores y el emisor. Las zanjas deben tener paredes verticales o como mínimo hasta el lomo de los tubos, en el caso de terrenos no estables.

La plantilla o cama (antes de formar el canal) para tubos de fibrocemento para alcantarillado tendrá un espesor de al menos 0.10 m para tubos de 0.15 m (6”) a 0.90 m (36”) de diámetro, el espesor mínimo sobre el eje vertical de la tubería ya instalada, será de 5 centímetros.

#### 5.1.4.2 Acondicionamiento del fondo de la zanja (cama de apoyo)

Para proporcionar apoyo adecuado y continuo (encamado) a los tubos por instalar, deberá colocarse una cama de material seleccionado libre de piedras, para un correcto asentamiento, de tal forma que no se provoquen esfuerzos adicionales a flexión. El espesor de la plantilla debe ser de acuerdo a las especificaciones del proyecto.

Antes de ser bajados los tubos a la zanja se deben excavar cuidadosamente las cavidades para los cople (conchas) para alojar el cople de la junta de los tubos y revisar los anillos, con el fin de per-

mitir que la tubería se apoye en toda su longitud sobre la plantilla apisonada (ver Ilustración 5.11).

En la práctica se utilizan 3 tipos de camas de apoyo para tubos en zanja.

#### **Apoyo tipo A**

Este tipo de apoyo es recomendado cuando el nivel freático está localizado por encima del fondo de la zanja y cuando el suelo tiene baja capacidad portante. Para su instalación se requiere colocar entre el tubo y el fondo de la zanja una capa de grava (de ½” máximo) o de arena gruesa a cuya parte superior se da forma de “cuna” para apoyo del tubo la altura de la gravilla igual o mayor a  $(0.1D + 10 \text{ cm})$ . El relleno se continúa a ambos lados y hasta una altura igual o mayor a 0.30 m, sobre el lomo del tubo, con material libre de piedras y terrones, el cual será compactado, con humedad cercana a la óptima de la prueba Proctor estándar, con equipo manual en capas no mayores a 0.15 m. El resto de la zanja o terraplén necesario es construido con material común (ver Ilustración 5.12 y Tabla 5.2).

#### **Apoyo tipo B**

Este tipo de apoyo es el más común y se recomienda para suelos normales, libres de piedras y rocas, y que posean buena capacidad portante. La tubería se coloca directamente sobre el fondo de la zanja, previamente nivelado, asegurando un contacto continuo de la generatriz del tubo con el suelo de apoyo. En el sitio de la unión o cople se debe excavar una pequeña concha en el terreno para evitar que la tubería se soporte en los cople. El relleno en el fondo y en ambos lados de la tubería, será de material libre de piedras y terrones y bien compactado, cubriendo hasta 0.30 m el lomo del tubo. A continuación

Ilustración 5.11 Colocación de tubos en la cama de apoyo

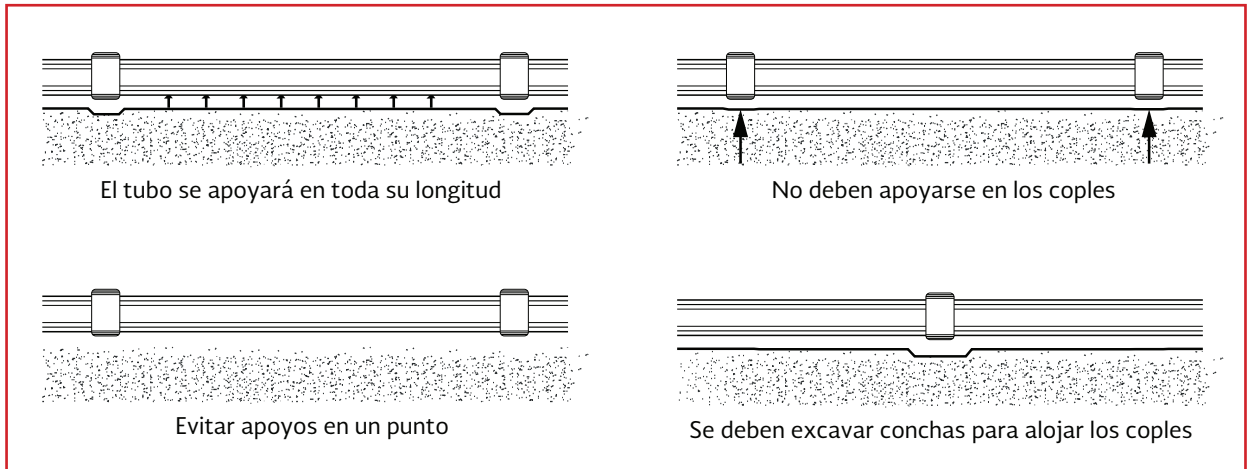


Ilustración 5.12 Cama de apoyo tipo A para tubos en zanja

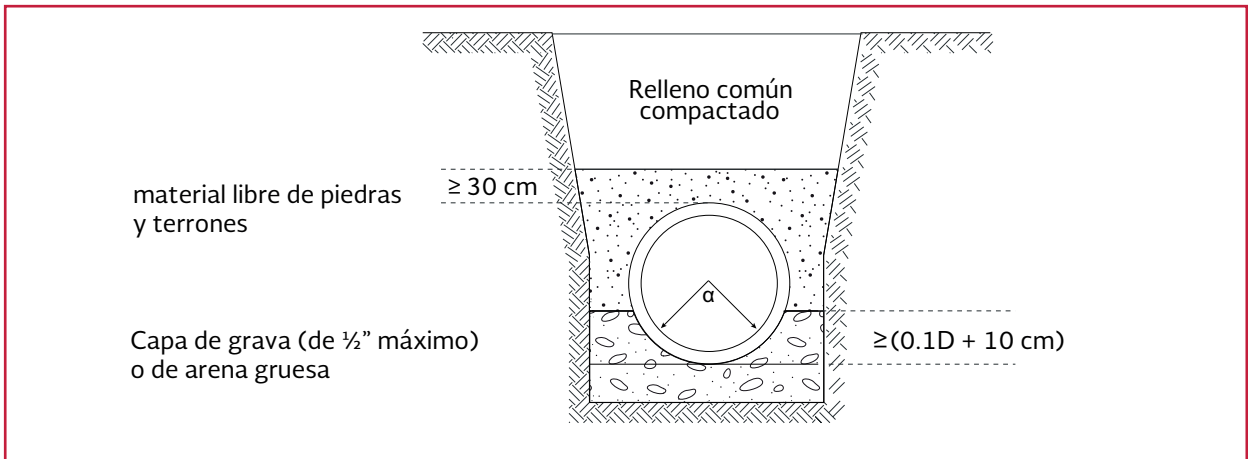


Tabla 5.2 Coeficientes de transformación

Ángulo de apoyo $\alpha$	Relación de proyección $p' = 1 - [0.5(1 - \cos \alpha/2)]$	Zanja y zanja bajo terraplén	Nivel indefinido
		Compactación normal*	Compactación normal*
60	0.93	1.6	2.1
90	0.85	1.9	2.3
120	0.75	2.2	2.5

(\*) 90% de Proctor estándar mínimo

y hasta el nivel del terreno natural, el relleno puede ser compactado con humedad cercana a la prueba Proctor estándar, con equipo manual, con material producto de la excavación (ver Ilustración 5.13 y Tabla 4.3).

### Apoyo tipo C

Este tipo de apoyo se recomienda cuando la capacidad de soporte del suelo sea mínima, en general su uso es apropiado cuando el terreno es de mala calidad, o cuando su instalación es a una profundidad grande. Consiste esencialmente de una cuna en concreto en la cual la tubería es uni-

Ilustración 5.13 Cama de apoyo tipo B para tubos en zanja

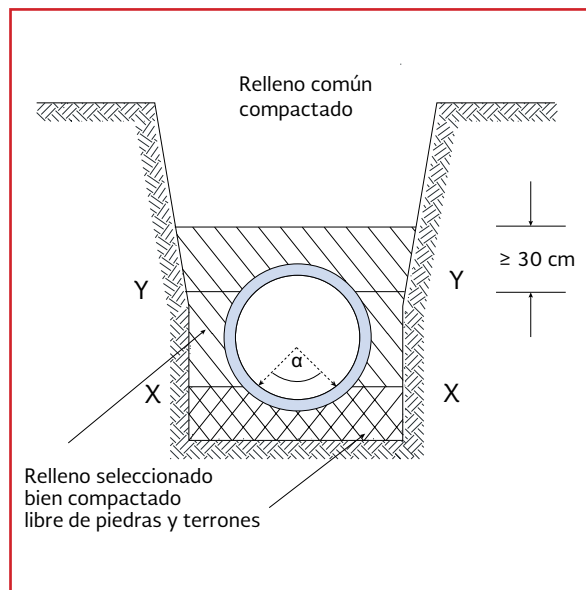


Tabla 5.3 Coeficientes de transformación

Ángulo de apoyo $\alpha$	Relación de proyección $p' = 1 - [0,5(1 - \cos \alpha/2)]$	Zanja y zanja bajo terraplén		Nivel indefinido
		Con compactación entre XX y YY	Sin compactación entre XX y YY	Compactación normal*
0° a 20°*	1.00	1.2	1.1	1.2
30°	0.98	1.3	1.1	1.4
60°	0.93	2.5	1.2	1.7
90°	0.85	1.7	1.3	1.9
120°	0.75	1.7	1.3	1.9

(\*) 90% de Proctor estándar

formemente soportada. El ancho mínimo de la cuna será igual al diámetro exterior de la tubería más 0.20 m; la altura de la sección de concreto no será menor a un cuarto del diámetro nominal, siendo el mínimo 0.10 m. La resistencia a la compresión del concreto ( $f'c$ ) no será menor a 210 kg/cm<sup>2</sup> (ver Ilustración 5.14 y Tabla 5.4)

A ambos lados del tubo, y hasta una altura mínima de 0.30 m sobre la clave del tubo, se rellena con material libre de piedras y terrones, el cual se compactará en capas no mayores de 0.15 m; finalmente se lleva a cabo el relleno último con material producto de la excavación.

## 5.1.5 INSTALACIÓN

### 5.1.5.1 Instalación de tubos en conducciones convencionales

Todos y cada uno de los tubos, coples y anillos para empaque, deben revisarse cuidadosamente antes de su instalación, ya que una buena inspección evita en gran parte los contratiempos que se pueden tener por no hacerla.

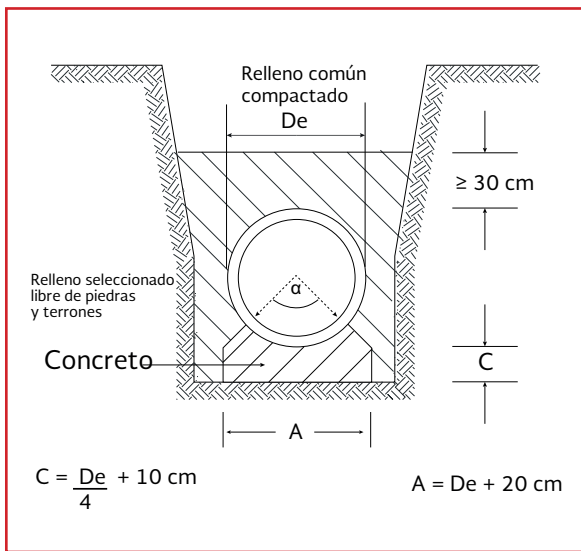
Las tuberías de alcantarillado sanitario se pueden instalar sobre la superficie, enterradas o con una combinación de ambas, dependiendo de la topografía del terreno, de la clase de tubería y del tipo de terreno.

Se recomienda comenzar con la instalación de los tubos del emisor, posteriormente se instalarán los tubos de los colectores y atarjeas.

### Verificaciones previas a la instalación

- Se debe tener hecha la excavación del pozo de visita (el de aguas abajo) y terminada la construcción de la caja o base de la estructura (de mampostería o de concreto) del pozo, la media caña para la conexión del primer tubo por instalar.
- Debe estar preparada a lo largo de la zanja la plantilla, y las conchas para coples y estrobos (para diámetros grandes).
- La instalación de la tubería se hará de aguas abajo hacia aguas arriba, para utilizar la tubería cuando se haga necesario

Ilustración 5.14 Cama de apoyo tipo C para tubos en zanja



desaguar la zanja, o el tramo instalado con sus dos pozos extremos al realizar la prueba de presión hidrostática.

- Se comprobará que los coples no tengan en su interior materias extrañas, y los extremos maquinados de los tubos y los anillos deberán estar perfectamente limpios; además, se tendrá a mano el lubricante necesario.

### Preparación de coples y anillos con junta simple

- Limpie perfectamente con un trapo o estopa, las ranuras interiores del cople y los anillos de hule próximos a instalarse
- Inserte los anillos empujándolos hasta la parte interior de la ranura del cople, aplicando un poco de lubricante para facilitar la colocación de los anillos
- Enseguida, se ejerce presión en las ondas hasta lograr que quede en la posición correcta. A continuación se hace la colocación del segundo anillo en la misma forma. Estas operaciones se hacen estando el cople en posición horizontal o vertical, fuera de la zanja

### 5.1.5.2 Preparación de los tubos

Limpie perfectamente los extremos maquinados del tubo, aplique una capa uniforme de lubricante

Tabla 5.4 Coeficientes de transformación (K)

Ángulo de apoyo $\alpha$	Relación de proyección $p' = 1 - [0,5(1 - \cos \alpha/2)]$	Zanja y zanja bajo terraplén	Nivel indefinido
		Compactación normal*	Compactación normal*
90°	0.85	2.2	2.8
120°	0.75	2.6	3.2

(\*) 90% de Proctor estándar

en el primer extremo maquinado del tubo (chaflán) y unos 5 cm de la parte cilíndrica, evitando que queden partes sin lubricar ni plastas; se recomienda que el lubricante sea el proporcionado por el fabricante, o bien agua jabonosa o agua con glicerina, evitando el uso de aceites minerales que dañan el anillo de hule.

Al emboquillar el cople, debe quedar un centímetro más adentro en su parte inferior, se hace girar el cople y se verifica la posición del anillo con el escantillón (ver Ilustración 5.15).

### ***Encampanado***

La operación de colocar un cople a cada tubo se le llama encampanado, acampanado o acoplamiento. Los tubos pueden encampanarse fuera de la zanja, pero conviene más hacerlo dentro de la misma (ver Ilustración 5.16) Dependiendo del diámetro, el acoplamiento se puede hacer manual o por medios mecánicos.

### ***Encampanado a mano***

Para acoplar, se jala violenta y fuertemente en línea recta el cople para que de un solo golpe

ocupe su posición final. Este sistema puede utilizarse en tuberías de 0.15 m (6”) de diámetro y bajo condición de que el personal que lo ejecute, esté suficientemente capacitado y seguro de no dañar los tubos y coples.

### ***Encampanado fuera de la zanja (encampanado previo)***

Este sistema puede utilizarse en tuberías de diámetros mayores a 0.60 m (24”). Apoye el tubo contra un soporte sólido y resistente, coloque el cople en el extremo lubricado del tubo y empuje con una barra, teniendo cuidado de intercalar un bloque de madera para no dañar el cople, hasta lograr el enchufe (ver Ilustración 5.17)

#### 5.1.5.3 Verificación de la posición de los anillos

Es muy importante que en cada unión de tubos se compruebe la correcta posición de los anillos para los tubos de 0.15 m (6”) a 0.90 m (36”).

Para comprobar que la junta ha quedado bien instalada, verifique la posición correcta del anillo con un escantillón de acero, como se indica:

Ilustración 5.15 Colocación de los anillos de hule en los coples

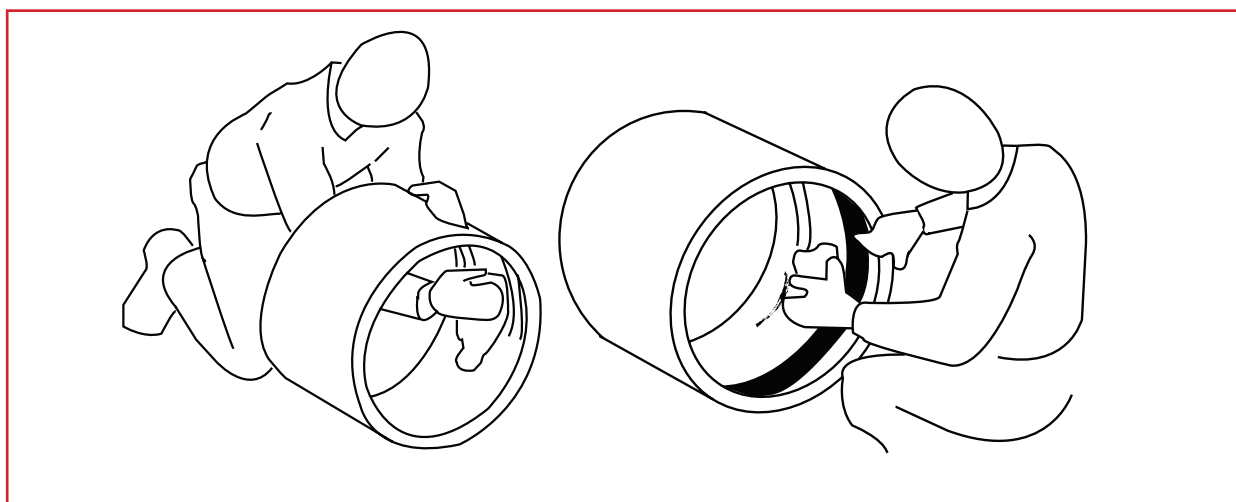


Ilustración 5.16 Encampanado dentro de la zanja



- Se construye un escantillón con fleje de acero con las dimensiones especificadas, se introduce entre el tubo y el cople llevándolo todo alrededor; el escantillón debe tocar el anillo en todos sus puntos, debiendo conservar la

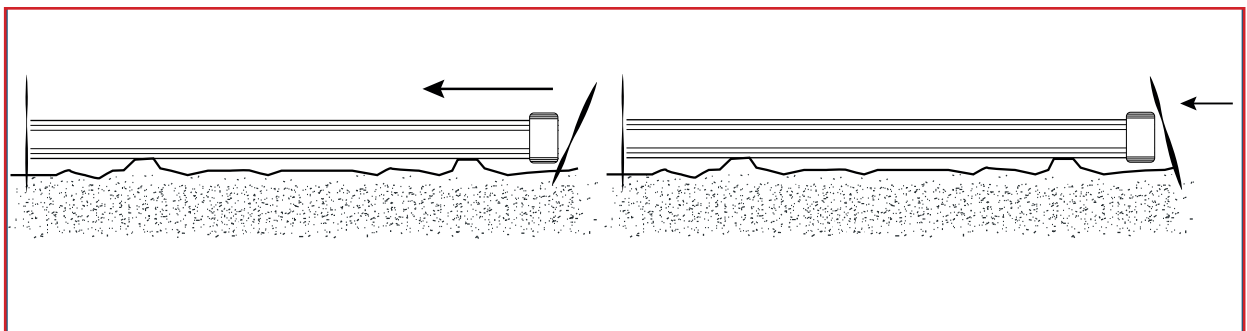
equidistancia constante entre la pared del cople y la parte vertical del escantillón, para considerar que la junta está bien instalada. Previamente se hace girar el cople

- Si se verifica que los anillos no están en su correcta posición, es necesario desmontar el cople y proceder a acoplar de nuevo, revisando los anillos extraídos; si están dañados, deben sustituirse

Si el tubo está recién acoplado y antes de que el lubricante seque, puede desinstalarse a mano jalándolo; en caso contrario primero se desacopla el tubo con gato, enseguida el cople se quita golpeándolo a su alrededor con un martillo y un pedazo de madera. Si el anillo está mordido, esta falla puede corregirse como sigue:

- Golpeando ligeramente en todo su perímetro los extremos del cople para que se acomode el empaque
- Haciendo girar el cople hasta que se acomoden los empaques
- Si el anillo no se acomoda, calafatear con sellador los extremos de la zona en donde se haya perdido la equidistancia con el escantillón

Ilustración 5.17 Encampanado fuera de zanja



#### 5.1.5.4 Descenso de tubos a zanja

El tubo se baja a la zanja después de inspeccionar visualmente, comprobar su clase y verificar la cama de apoyo.

Son generalmente tubos de 0.20 m (8") a 0.50 m (20") de diámetro, los cuales se bajan por medio de 2 cables (uno por cada extremo del tubo), y de dos a seis hombres, repartiendo el peso del tubo a razón de 20 kg por persona (NT-CNEM- 001).

#### 5.1.5.5 Descenso de tubos a emisores

Son tubos con diámetro de 0.60 m (24") y mayores, los cuales se bajan a la zanja por medio de equipo mecánico como retroexcavadoras o grúas de capacidad adecuada al peso y distancia de manejo. Bajados los tubos deberán quedar apoyados en toda su longitud sobre la plantilla, evitando que queden sobre piedras, calzas de madera o cualquier otro soporte, se realiza su centrado y perfecta alineación.

#### 5.1.5.6 Encampanado dentro de zanja

Es recomendable para tuberías de 0.20 m (8") a 0.90 m (36") de diámetro; el proceso de en-

chufe, se verificará en dos movimientos: cople a tubo y tubo a cople enchufado.

Cuando la tubería ya está encampanada, se puede hacer el enchufe del tubo en la zanja empleando el sistema de Tirfor y polea diferencial para diámetros de 0.20 m (8") a 0.90 m (36").

Los tubos deben estar perfectamente alineados y el tubo por acoplar debe estar bajo control de los operarios, para que su movimiento se haga violenta y fuertemente a fin de que entre en el cople, sin que se golpeen uno contra otro. Para diámetros mayores de 0.30 m (12"), se puede utilizar el cucharón de la retroexcavadora ó grúa con capacidad suficiente.

### 5.1.6 INSTALACIÓN DE TUBERÍA EN LOS EMISORES

Hidráulicamente es recomendable que en las conexiones se nivelen las claves de los tubos por unir. De acuerdo a las especificaciones del proyecto, se pueden efectuar las conexiones de las tuberías haciendo coincidir las claves, los ejes o las plantillas de los tramos de las tuberías de diámetro diferente; se recomienda que las conexio-

Tabla 5.5 Limitaciones de conexiones para diferentes diámetros de tubería

D	150	200	250	300	350	400	450	500	600	760	900
150	PEC	PEC	PEC	EC	EC	EC	C	C	C	C	C
200		PEC	PEC	PEC	EC	EC	EC	C	C	C	C
250			PEC	PEC	PEC	PEC	EC	EC	EC	EC	C
300				PEC	PEC	PEC	PEC	EC	EC	EC	C
350					PEC	PEC	PEC	PEC	EC	EC	C
400						PEC	PEC	PEC	PEC	EC	EC
450							PEC	PEC	PEC	PEC	EC
500								PEC	PEC	PEC	EC
600									PEC	PEC	PEC
760										PEC	PEC
900											PEC

D = diámetro del tubo en mm; PEC = conexión a plantilla, eje o clave; EC = conexión a eje ó claves; C = Conexión a clave

Ilustración 5.18 Instalación de tubería de concreto



nes a ejes y plantilla se utilicen solamente cuando sea indispensable, y las limitaciones para los diámetros más comunes se indican en la Tabla 5.5 y se muestra en la Ilustración 5.18.

#### 5.1.6.1 Conexión a pozos de visita

- Verificada la preparación de la plantilla y colocado el cople al primer tubo, se baja éste a la zanja haciendo el acoplamiento de su extremo sin cople a la estructura de descarga del vertido, a la estructura de recepción de las aguas residuales de la planta de tratamiento, o a la caja o base de pozo de visita especial. La unión del cople al primer tubo se puede hacer en la zanja, bajando el tubo el cual se acopla en su extremo aguas abajo en la estructura que se tenga, indicadas en el inciso anterior; enseguida se baja el cople a la zanja y se emboquilla el tubo, auxiliándose con arena para su nivelación y con 2 barretas de acero.
- Se baja el segundo tubo, y entre éste y el cople del primer tubo, se colocan 2 maderos de dimensiones adecuadas (sección mínima de 0.10 m x 0.10 m). Se opera el dispositivo de tracción hasta lograr el acoplamiento, prepa-

rando previamente las conchas para el estrobo y el cople; en seguida se verifica su posición con respecto al final de la parte maquinada

- Se retiran los maderos, se lubrica el extremo del segundo tubo, se emboquilla al cople y por medio del equipo de tracción se logra la unión a dicho cople. Se verifica el alineamiento de los dos tubos instalados, la nivelación de la plantilla de la tubería y la pendiente
- Para la instalación de los siguientes tubos se procede en la misma forma

Para el acoplamiento de coples y tubos, se puede utilizar el cucharón de la retroexcavadora, utilizando maderos de sección adecuada, procurando que la operación de empuje sea lenta, hasta lograr tener la separación del cople de 0.10 m con respecto al final del maquinado.

#### 5.1.7 INSTALACIÓN DE TUBERÍA PARA COLECTORES Y ATARJEAS

Terminada la construcción del emisor, se continuará con el colector principal y las atarjeas que unan de aguas abajo hacia aguas arriba. A partir del pozo especial (principio del emisor) en el



que descarga el colector, se pueden tener uno, dos o tres frentes de excavación e instalación de tubería, de acuerdo con la disposición de la red.

En el caso del colector (principal y subcolectores) los diámetros de las tuberías pueden variar generalmente de 350 mm (14") a 500 mm (20"), y los de las atarjeas de 200 a 300 mm (8" a 12").

Para efectuar una instalación adecuada, se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones, recordando que la colocación de los tubos se debe hacer de aguas abajo hacia aguas arriba.

#### 5.1.7.1 Instalación de Tubos de 200 mm (8") a 300 mm (12")

- Si el tubo no ha sido encampanado previamente, baje el primer tubo y colóquelo sobre la plantilla, cuidando que quede apoyado en toda su longitud, y realice la concha para el cople bajo su extremo delantero
- El primer tubo debe unirse al pozo de visita de acuerdo con las instrucciones del supervisor de la obra; se colocan los empaques dentro de las ranuras del cople, procurando que cada anillo quede bien ajustado contra la pared más próxima

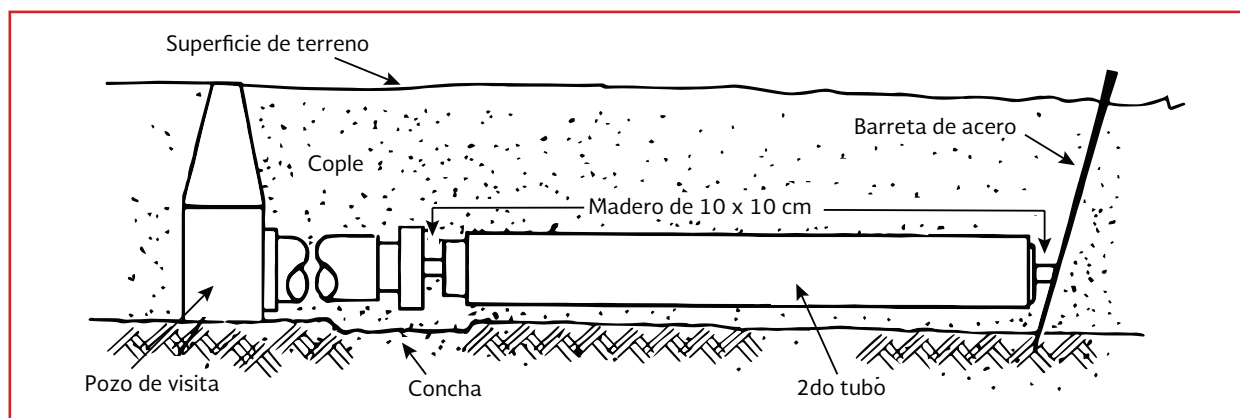
al centro del cople, lubricándose ligeramente

- Baje el segundo tubo y apóyelo en la plantilla, debiendo quedar alineado y separado lo suficiente para que pueda enchufarse el cople entre ambos tubos.
- Limpie perfectamente el extremo maquinado del tubo, aplique una capa uniforme de lubricante en el primer extremo maquinado (chaflán) del tubo, y unos 5 cm de la parte cilíndrica, evitando que queden partes sin lubricar ni plastas; se recomienda que el lubricante sea el sugerido por el fabricante
- Coloque el cople entre ambos tubos, haciendo que el primero quede emboquillado en el empaque correspondiente. Después se mueve el segundo tubo hasta que quede emboquillado en el otro empaque

Coloque un bloque de madera entre el soporte y el primer tubo; enseguida usando una barreta de acero como palanca y a través de un bloque de madera, empuje el segundo tubo hasta hacer que ambos entren en el cople

- Compruebe que la junta ha quedado bien instalada, verifique la posición correcta del anillo de hule con un escantillón de acero (ver Ilustración 5.19)

Ilustración 5.19 Instalación de tubos de 0.20 m a 0.30 m



### 5.1.7.2 Instalación de tubos de 350 mm (14") a 900 mm (36")

Para enchufar el cople, siga los pasos a), b) y c), indicados en la instalación de tuberías de 0.20 m (8") a 0.30 m (12").

Lubrique el extremo maquinado del primer tubo y emboquille el cople, enseguida instale el cople

Ilustración 5.20 Acoplamiento de tubos de 0.90 m (36")

en el extremo maquinado del tubo, empleando en una cruceta de madera. Con una barreta de acero o con un gato, se empuja el cople con el segundo tubo hasta que enchufe con el primero (ver Ilustración 5.20).

Quite la cruceta de madera y compruebe la posición del anillo, haciendo girar el cople y usando el escantillón (ver Ilustración 5.21).

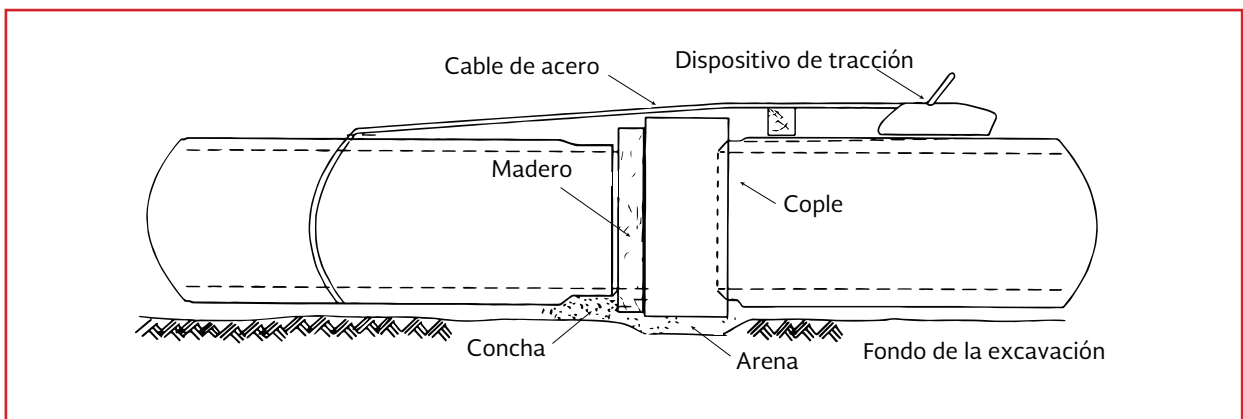


Ilustración 5.21 Colocación de cruceta de madera para enchufe de cople a tubo



### 5.1.7.3 Construcción de pozos de visita y de caída

Los pozos de visita son estructuras (accesorios de la red de alcantarillado) que se utilizan para permitir el acceso a las atarjeas, colectores y emisores, a fin de efectuar su inspección, limpieza y ventilación. Atendiendo al diámetro interior de su base, se clasifican en comunes y especiales.

Los pozos de visita serán construidos en los sitios que se indican en el proyecto, de acuerdo con los planos, líneas y niveles que se señalen, debiendo localizarse en cruces de calles, cambios de dirección, pendiente y diámetros, así como en conexiones especiales. Todo tramo de emisor, colector o atarjea que se instale, deberá tener terminados sus respectivos pozos extremos. Los pozos de visita podrán ser de mampostería o prefabricados.

#### **Recomendaciones para la instalación de pozos de visita**

- Terminada la excavación del pozo a la profundidad adecuada según el proyecto, se compacta el piso y se nivela
- Fuera de la zanja se prepara la base o cimentación del pozo, de concreto armado, del tamaño adecuado al diámetro exterior del pozo. Ya fraguada la base se baja con el equipo de excavación y se nivela
- Se baja el pozo asegurándolo a la base con varillas que sobresalgan de esta en sus ejes, comprobando que se tenga la plantilla de proyecto en el cople del pozo
- Logrado lo anterior, se baja el primer tubo para su acoplamiento al pozo, tal como se indicó en el inciso de instalación de tubos
- Para instalar el pozo del extremo de aguas arriba del tramo de tubería ya instalado, se procede como lo indicado en los puntos (a), (b) y (c) anteriores. A continuación se baja el segundo pozo y se acopla al tubo
- Para la instalación de los siguientes pozos, se procede en la misma forma

#### **5.1.7.4 Alineación, nivelación y relleno inicial de zanja**

Cuando se ha instalado al menos 75 por ciento de la tubería entre dos pozos extremos, se efectuarán las siguientes etapas de construcción:

##### ***Alineación***

Cuando sea posible, se hace moviendo los coples a uno y otro lado hasta que queden en línea recta, o bien se emplea un láser de canalización.

##### ***Nivelación***

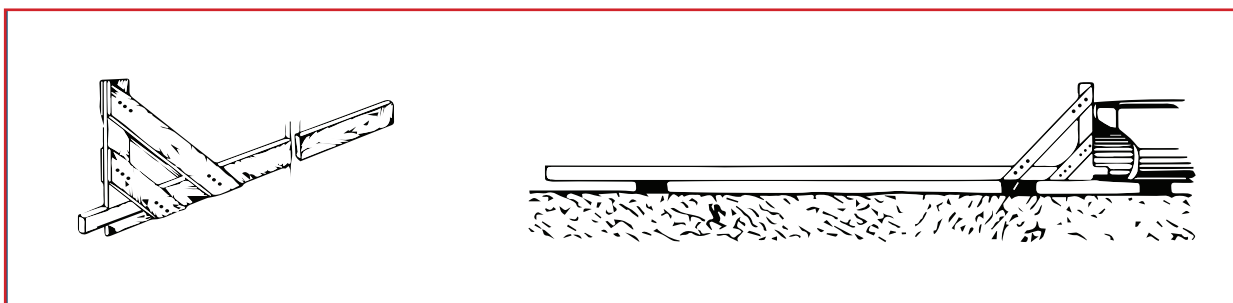
Terminado el alineamiento se procede a la nivelación de la tubería a ojo, levantando o bajando los tubos para obtener una pendiente uniforme, que se logra agregando o quitando tierra de la plantilla bajo los tubos, pero cuidando que en ningún punto de la tubería el colchón de tierra que la cubrirá sea menor al indicado en la Tabla 5.1 y se muestra en la Ilustración 5.22.

Se verificará además que el conducto quede apoyado en toda su longitud para evitar flexiones. Para el correcto diseño del acostillamiento y relleno de la zanja se debe consultar en cada caso las especificaciones del proyecto.

#### **5.1.7.5 Encamado y acostillado**

Inmediatamente después de la colocación, se debe proceder al relleno acostillado hasta los costados del tubo.

Ilustración 5.22 Procedimiento de nivelación de plantilla de zanjas



El relleno deberá efectuarse en dos etapas, comenzando con el “encamado” y “acostillado”, que consiste en proporcionar apoyo adecuado y continuo bajo el tubo, hasta alcanzar el diámetro horizontal. Deberá usarse material seleccionado libre de piedras.

### **Procedimiento**

#### **Primer paso**

- Coloque una capa de material seleccionado (cama) de acuerdo al diámetro del tubo (ver Tabla 5.1)
- Introduzca y compacte bajo el tubo la tierra seleccionada, acostillando debidamente con pisones especiales curvos o con pala, de manera que la tubería se apoye en su cuadrante inferior en toda su longitud
- Cuando el tubo esté firmemente encamado, use el pisón plano a ambos lados

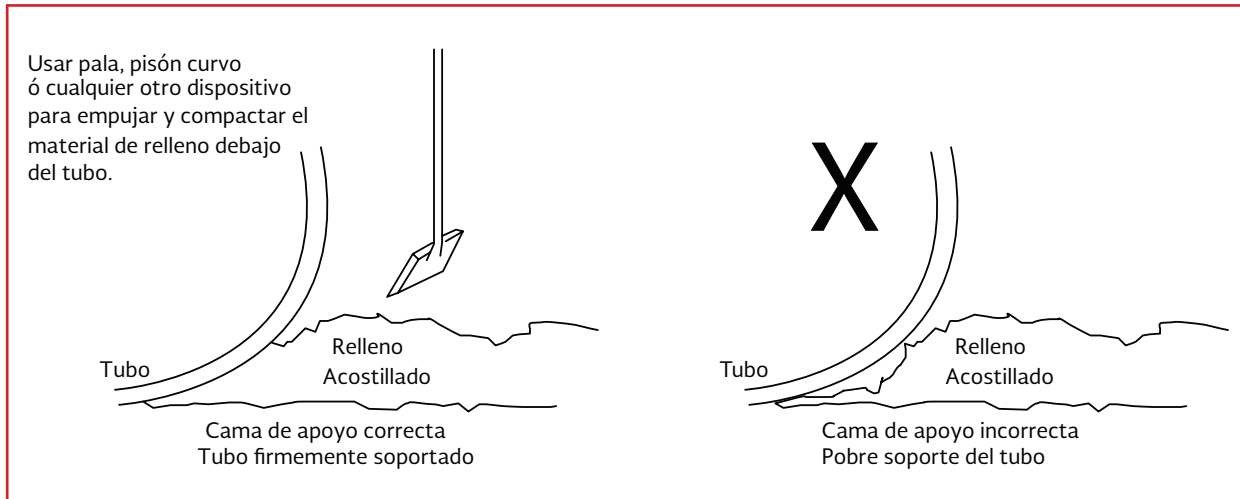
#### **Segundo paso**

- Es importante proporcionar soporte lateral, por medio de la compactación del relleno entre el tubo y las paredes de la zanja. Con la finalidad de inspeccionar las juntas durante la prueba, se dejarán descubiertos los coples; a esta operación se le llama formar “centros” y es obligado hacerla siempre, sobre todo para

evitar la flotación de los tubos en caso de inundarse la zanja

- Continué el relleno en capas de 0.30 m (12”) compactando al 95 por ciento de la prueba Proctor estándar con el pisón plano (evite golpear los tubos), hasta la mitad del tubo. El relleno inicial que va directamente sobre el tubo debe ser compactado manualmente donde sea necesario
- La compactación mecánica del relleno principal directamente sobre el tubo no debe comenzar hasta que la profundidad del relleno sea de al menos 0.30 m, por encima del lomo del tubo. Este relleno es semejante al relleno acostillado, pudiendo ser menor en su exigencia en lo que concierne a la calidad del material y su compactación final. No se permite usar equipos de vibración para operar directamente sobre el tubo
- Prosiga en capas iguales de 0.30 m de espesor arriba del lomo de los tubos, a partir de donde, puede rellenarse a volteo en caso de líneas sin tráfico; para líneas de alcantarillado en zonas urbanas, es recomendable continuar compactando hasta el nivel del terreno natural. El material de relleno se debe compactar de 90 a 95 por ciento de la prueba Proctor (ver Ilustración 5.23)

Ilustración 5.23 Esquema del acostillado de tubos



### Proceso correcto

El material de relleno adecuado se coloca con cuidado, a lo largo del tubo y se acostilla compactadamente. El material se aportará con capas sucesivas a los lados del tubo y unos 0.30 m por encima del lomo del tubo (ver Ilustración 5.24 e Ilustración 5.25).

## 5.1.8 INSPECCIÓN

### 5.1.8.1 Prueba hidrostática en campo

Tan pronto se tenga un tramo instalado con sus pozos de visita extremos, el relleno bien hecho correspondiente a los “centros” en cada tubo, verificando que estén descubiertos todos los coples, se procede a efectuar la prueba de presión hidrostática para comprobar que el junteo (acoplamiento) se ejecutó en forma correcta en condiciones de hermeticidad, es decir, sin fugas, y que cumple con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-CONAGUA-2011 vigente, “Sistema de Agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario- Hermeticidad-Especificaciones y métodos de prueba”.

### 5.1.8.2 Relleno final

Verificada la prueba de presión hidrostática en forma correcta para cada tramo de alcantarillado, y aprobada por el supervisor de la obra, se procede al relleno final cubriendo los sitios de los coples con relleno apisonado por capas, como se indicó para el relleno inicial, con tierra libre de piedras, terrones y materia orgánica colocada abajo, a los lados y por encima de ellos, hasta 0.60 m sobre el nivel del lomo de la tubería, coincidiendo con el nivel de los centros. A continuación, se termina el relleno de la zanja como sigue:

- Para emisores fuera de la zona urbana, el relleno se hace a volteo con material producto de la excavación, apisonándolo ligeramente por capas sucesivas de 0.20 m, dejando sobre la zanja un montículo de material con altura de 0.15 m respecto al nivel del terreno
- Para redes de atarjeas y colectores, el relleno será apisonado en forma tal que cumpla con las especificaciones de la técnica Proctor de compactación. El supervisor de la obra especificará el

Ilustración 5.24 Proceso de relleno inicial de la zanja



espesor de las capas, el contenido de humedad del material, el grado de compactación, procedimiento, etcétera

### **Proceso correcto**

Utilizar material de relleno que sea compactable y no debe contener grandes piedras, guijarros, terrones y otros materiales desaconsejables. El relleno debe ser colocado y compactado en capas según las especificaciones.

## **5.2 TUBERÍA DE POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO**

### **5.2.1 RECEPCIÓN Y DESCARGA**

Es imprescindible controlar la manipulación del material durante el proceso de descarga. El uso de cuerdas de guía atadas a los tubos o a los embalajes de los mismos facilita el control manual de los tubos durante las maniobras de izado y posterior manipulación. En caso de que se necesiten varios puntos de apoyo se pueden utilizar barras separa-

Ilustración 5.25 Formación de “centros”



doras. Evite que los tubos se golpeen, se caigan o sufran 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 transportarlos. Los tubos se pueden izar utilizando un solo punto de sujeción (ver Ilustración 5.26). Si bien el uso de dos puntos de sujeción situados de acuerdo con la Ilustración 5.27 es el método elegido por razones de seguridad para facilitar el control de los tubos, no se deben izar los tubos mediante ganchos colocados en los extremos ni pasando una cuerda, cadena o cable por el interior de los mismos de extremo a extremo.

### **Cargas Unificadas**

Las cargas unificadas deben manipularse utilizando un par de eslingas tal como lo muestra la Ilustración 5.28.

No se debe 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 por vez).

Si los tubos sufren incisiones, rotura o fracturas durante las fases de manipulación o instalación, deberán ser reparados antes de su instalación. En este caso, póngase en contacto con el proveedor para que inspeccione los daños y recomiende el modo de proceder en la reparación de los mismos o para desechar los tubos dañados.

#### 5.2.1.1 Almacenaje de tubos en obra

Como regla general, se recomienda almacenar los tubos sobre maderas planas que faciliten la colocación 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 asegurarse que ésta es relativamente plana y que está exenta de piedras y otros escombros que puedan dañar el tubo. Otro modo eficaz de almacenar los tubos en obra consiste en colocarlos sobre montículos de material de relleno. Los tubos también deberán ser calzados para evitar que puedan rodar con vientos fuertes.

En el caso de que sea necesario apilar los tubos, se recomienda hacerlo sobre soportes planos de madera (de 0.75 m de ancho como mínimo) ubicados a cada cuarto y con cuñas (ver Ilustración 5.29)

#### 5.2.1.2 Almacenaje de empaques de caucho y lubricantes

Cuando los empaques de caucho y los coples se reciban por separado, los empaques deberán almacenarse en su embalaje original en una zona

resguardada de la luz y no deberán ser expuestos a la luz del sol excepto durante la operación de montaje de la tubería. Los empaques de caucho también deberán estar protegidos del contacto con grasas y aceites derivados del petróleo, solventes y otras sustancias perjudiciales.

El lubricante de los empaques de caucho deberá almacenarse de forma tal que se evite ocasionarles daños. Los envases a medio usar deberán cerrarse y sellarse de nuevo para evitar cualquier posible contaminación del lubricante. Si las temperaturas durante la instalación son inferiores a 5° C, los empaques de caucho y lubricantes deben mantenerse en resguardo hasta su uso.

#### 5.2.1.3 Transporte de tubos

Apoye completamente los tubos sobre maderas planas distanciadas como máximo 4 m entre sí y con una saliente de 2 m como máximo. También se deben fijar los tubos para que permanezcan estables y separados. Evite que se produzcan abrasiones entre los mismos.

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 (ver Ilustración 5.30)

Nunca utilice cables de acero o cadenas sin colocar una adecuada protección al tubo para impedir la abrasión.

#### 5.2.1.4 Manipulación de tubos anidados

Los tubos podrán colocarse en forma anidada (tubos de menor diámetro dentro de los de mayor diámetro). Estos tubos, por lo general, requieren

Ilustración 5.26 Izado con un solo punto de sujeción

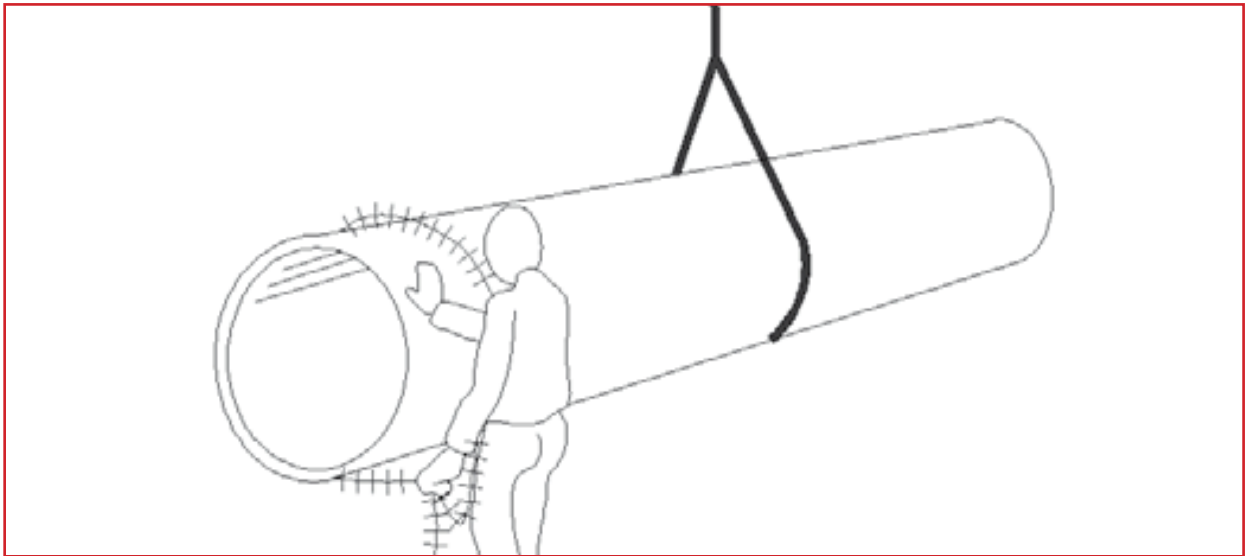


Ilustración 5.27 Izado con dos puntos de sujeción

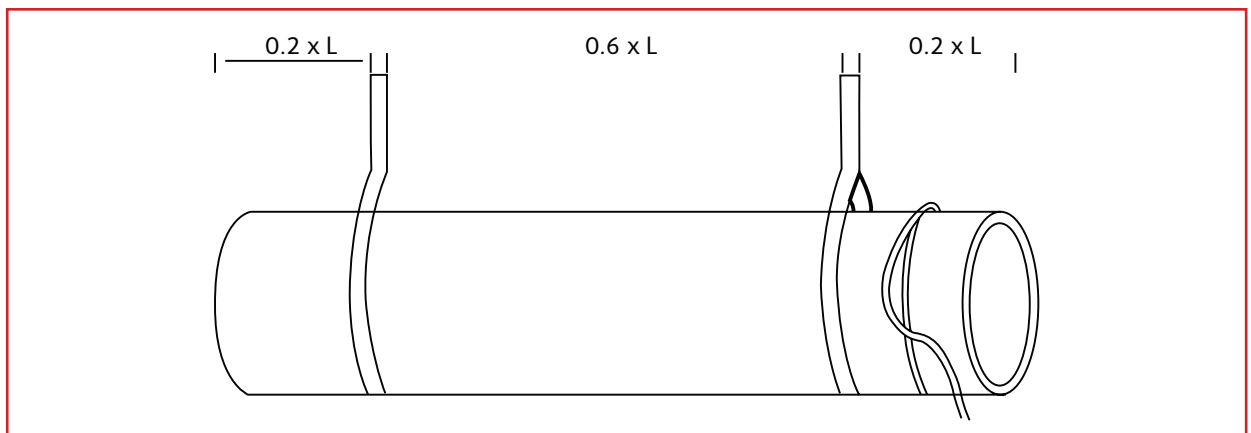


Ilustración 5.28 Izado de una carga unificada

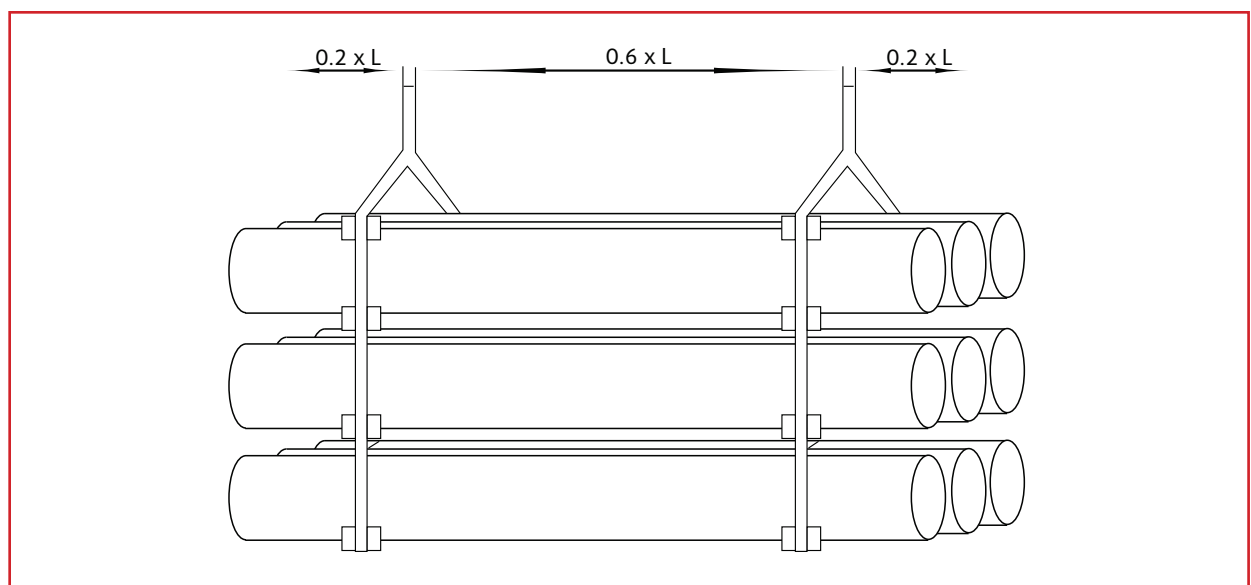
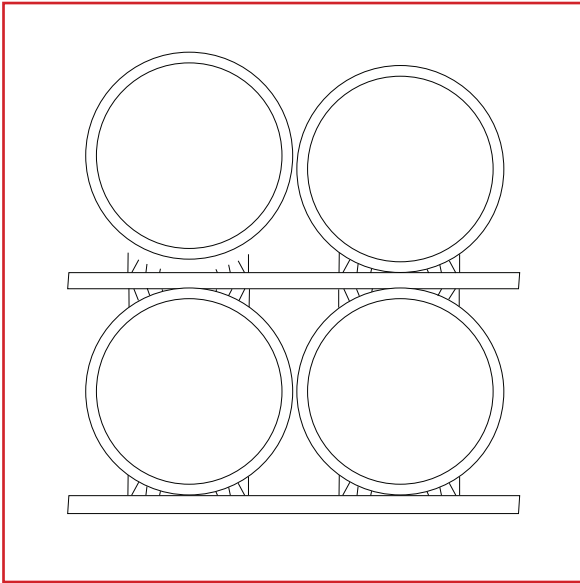




Ilustración 5.29 Almacenaje de tubería con cuñas



de un embalaje especial y requerirán procedimientos especiales de descarga, manipulación, almacenaje y transporte. En caso que fuera necesario adoptar medidas especiales, las mismas las llevará a cabo el proveedor antes del envío.

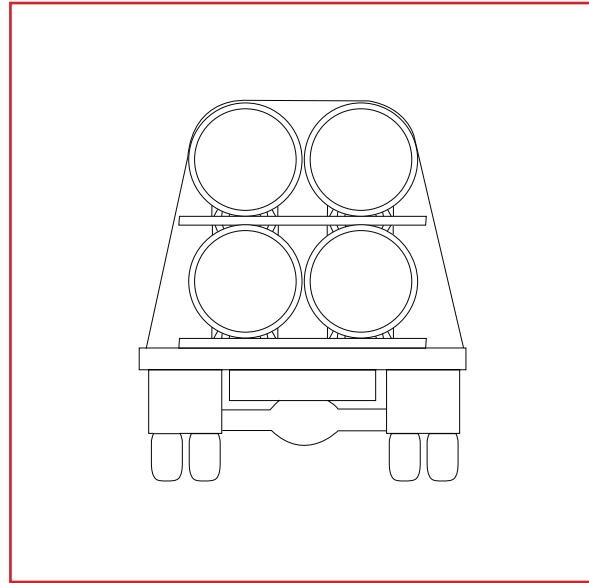
El conjunto de tubos anidados debe levantarse utilizando dos flejes flexibles como mínimo.

De existir limitaciones referentes a la distancia entre los flejes y los puntos de izado se especificarán para cada proyecto. Se debe asegurar que las eslingas para izar los tubos tengan capacidad suficiente para soportar el peso de los mismos.

En cualquier caso, se deben tener en cuenta los siguientes procedimientos generales:

- La mejor forma de almacenar los tubos anidados es manteniéndolos en el emba-

Ilustración 5.30 Transporte de tubos

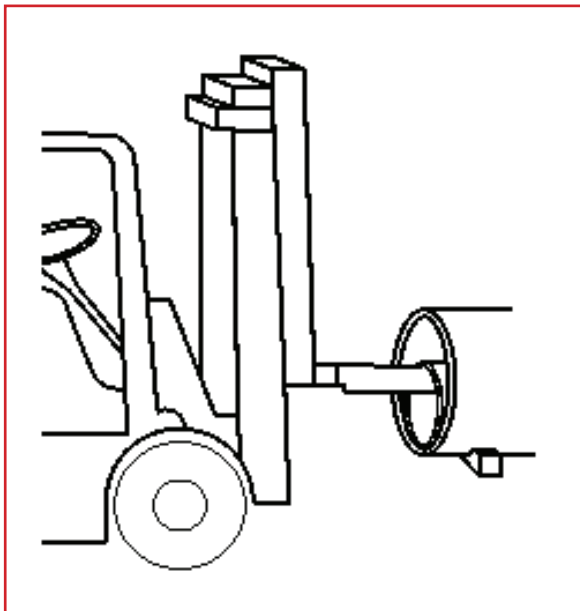


laje utilizado para el transporte. A menos que se especifique lo contrario, no es recomendable apilar estos lotes embalados

- Los lotes de tubos anidados solo pueden ser transportados con seguridad utilizando el embalaje original. En caso que existan requisitos especiales para el apoyo, la configuración y/o el amarre en el vehículo, será especificado para cada proyecto por separado
- Es preferible desembalar y separar los tubos interiores en una estación preparada para tal fin

Los tubos almacenados en el interior de otros, deben desembalarse comenzando por el más pequeño, pueden ser extraídos levantándolos levemente con un brazo de izado convenientemente protegido que permita mantener el tubo suspendido, retirándolo sin que dañe a los otros tubos (ver Ilustración 5.31).

Ilustración 5.31 Desembalaje de tubería anidada con ayuda de un montacargas utilizando un brazo con protección



Cuando las limitaciones de peso, longitud y/o equipo impidan utilizar este método de desembalaje y separación, se recomendarán los procedimientos adecuados para cada proyecto.

#### 5.2.1.5 Reparación de los tubos

Por lo general, los tubos que presenten daños menores pueden ser reparados en obra por personal calificado. Si existe alguna duda sobre el estado de un tubo, éste no debe ser utilizado en la instalación.

Las tareas de reparación pueden ser muy diferentes debido al espesor del tubo, la composición de la pared, la aplicación para la cual será utilizado y el tipo y cantidad de daño encontrado. Por lo tanto, no intente reparar el tubo dañado sin consultar a su proveedor.

## 5.2.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO

### 5.2.2.1 Sistema suelo-tubería

La versatilidad del comportamiento del suelo, junto con la resistencia y la flexibilidad de las tuberías PRFV, ofrece un potencial de características únicas para la interacción suelo-estructura, lo que posibilita un rendimiento óptimo del sistema. El refuerzo de fibra de vidrio se coloca en los lugares adecuados del tubo para otorgarle flexibilidad y resistencia, mientras que la geometría de la zanja, junto con la selección, ubicación y compactación del relleno aseguran la integridad del sistema.

A grandes rasgos, existen dos grupos de cargas que actúan sobre una tubería:

- a) Cargas externas provocadas por sobrecarga, tráfico y cargas de superficie, que ocasionan tensiones de flexión o curvatura en la pared del tubo
- b) Presión interna que crea tensión circunferencial y un empuje no balanceado que derivan en tensiones axiales

La flexibilidad de los tubos PRFV junto con el comportamiento estructural natural de los suelos proporciona una combinación ideal para transferir las cargas verticales. A diferencia de los tubos rígidos, que se quiebran bajo una excesiva carga vertical, la flexibilidad del tubo combinada con su resistencia, le permite flexionarse, para redistribuir la carga al suelo circundante.

La deflexión del tubo sirve como indicador de las tensiones que se generan en el tubo y la calidad de la instalación.

El refuerzo continuo de fibra de vidrio aplicado circunferencialmente en la pared del tubo se utiliza para resistir la tensión circunferencial. La cantidad de refuerzo es determinada por el nivel de presión y determina la clase de presión del tubo.

Por lo general, la resistencia al empuje no balanceado se soluciona en forma económica mediante el uso de bloques de anclaje que transfieren la presión por apoyo directo en suelo nativo. Por ello, la tubería PRFV estándar no transfiere la presión axial y la cantidad de refuerzo en la pared del tubo en dirección axial se limita a los efectos secundarios. Como consecuencia, las juntas no necesitan transferir la carga axial, pero a la vez permiten el movimiento del tubo dentro de la junta debido al efecto de Poisson y a la temperatura.

En algunos casos los bloques de anclaje no son recomendados por su peso, la falta de espacio u otras razones. En esos casos, se coloca suficiente refuerzo en la pared del tubo en dirección axial para soportar el empuje en esa dirección. Para estos sistemas se han diseñado juntas de restricción para cargar con el empuje axial y el mismo se transfiere al suelo circundante a través del apoyo directo y la fricción.

#### 5.2.2.2 Zanja estándar

La Ilustración 5.32 muestra las dimensiones normales de una zanja. La dimensión "A" siempre debe ser lo suficientemente ancha como

para permitir un espacio apropiado que asegure el correcto posicionamiento y compactación del relleno en el riñón del tubo.

La dimensión "A" debe ser lo suficientemente ancha como para operar el equipo de compactación sin dañar los tubos. La dimensión "A" normal es de 0.4 DN.

Para tubos de dimensiones mayores se puede utilizar un menor valor de "A", dependiendo del suelo nativo, el material de relleno y las técnicas de compactación.

Como ejemplo, para los grupos de suelos nativos 1, 2 y 3 y los materiales de relleno SC1 y SC2 que requieren un esfuerzo de compactación limitado, se puede considerar el uso de una zanja más pequeña.

#### 5.2.2.3 Zanja con tubos múltiples

Cuando se instalen dos o más tubos paralelamente en la misma zanja, la distancia de separación entre ellos debe ser la que se indica en la Ilustración 5.33. Así mismo, la distancia entre los tubos y la pared de la zanja debe ser la que anteriormente hemos revisado.

Es aconsejable que cuando se coloquen tubos de distintos diámetros en una misma zanja, éstos se sitúen al mismo nivel de elevación para la línea de invertido.

Cuando esto no sea posible, se debe utilizar material de relleno del tipo SC1 o SC2 para rellenar el espacio entre el fondo de la zanja y el invertido de tubo que se encuentra más elevado.

Ilustración 5.32 Nomenclatura de relleno de tubería

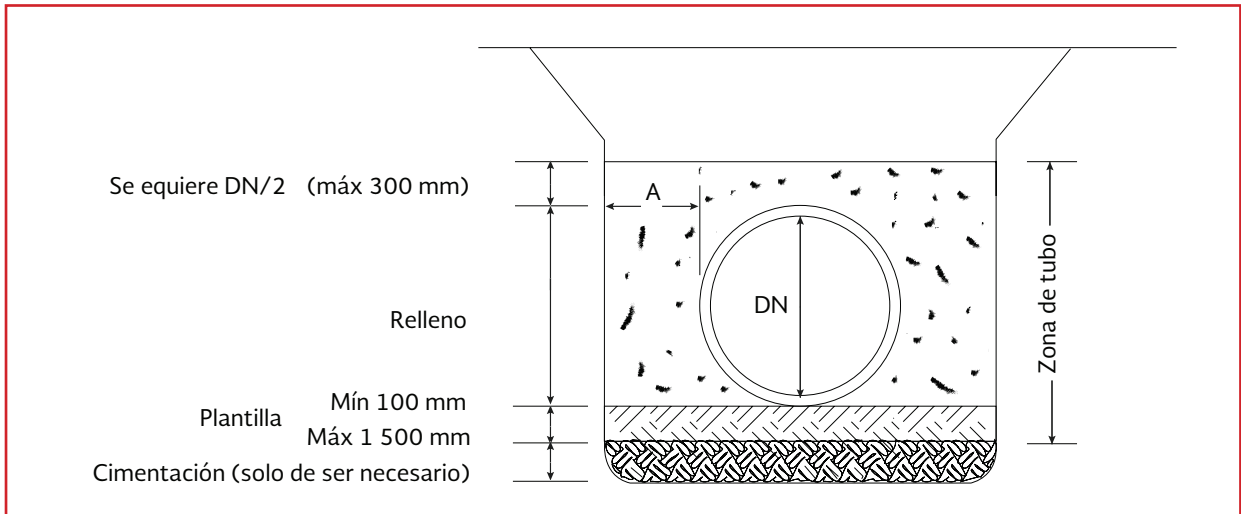
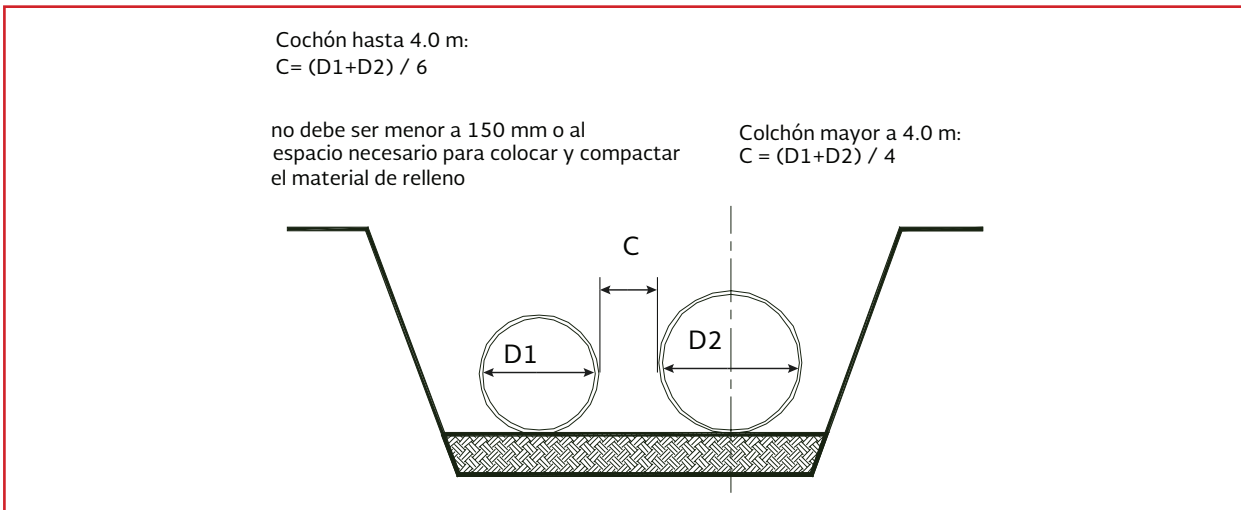


Ilustración 5.33 Espacio entre tubos de una misma zanja



Se debe lograr un nivel de compactación adecuado (mínimo 90 por ciento Proctor).

### **Cruzamiento de tubos**

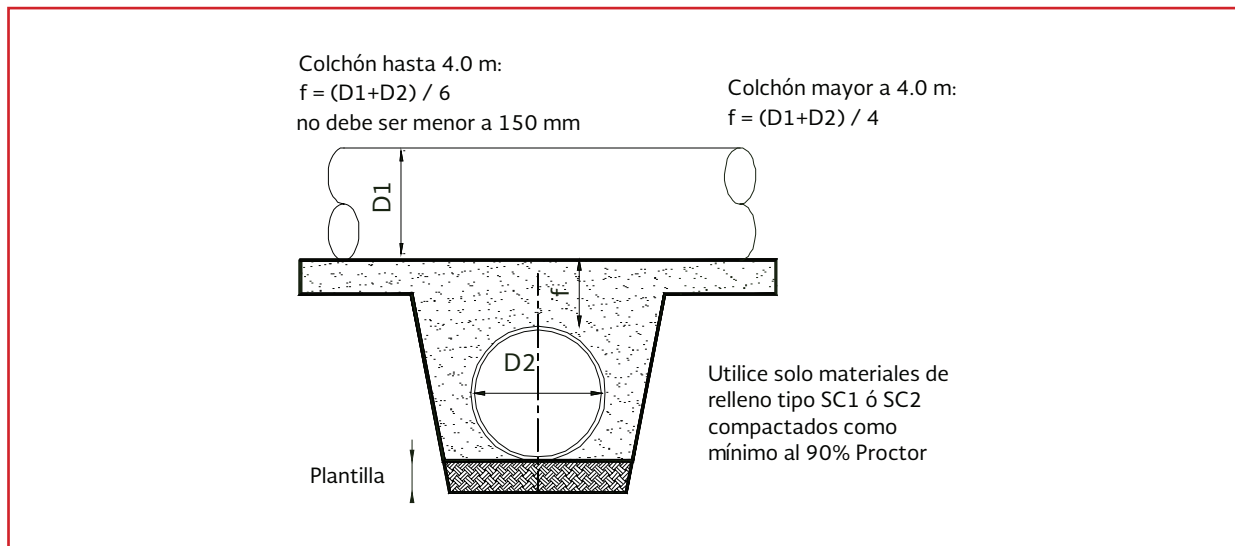
Cuando dos tubos se cruzan, de modo que uno pase sobre el otro, la distancia vertical entre los tubos y la instalación del tubo inferior debe ser la que indica la Ilustración 5.34.

En algunos casos, puede ser necesario instalar un tubo bajo una tubería ya existente. En estos casos

se deben tomar precauciones adicionales para no dañar la tubería ya existente. La misma puede protegerse fijándola a una viga de acero que cruce la zanja. También se recomienda forrar el tubo para protegerlo del impacto o contra posibles daños.

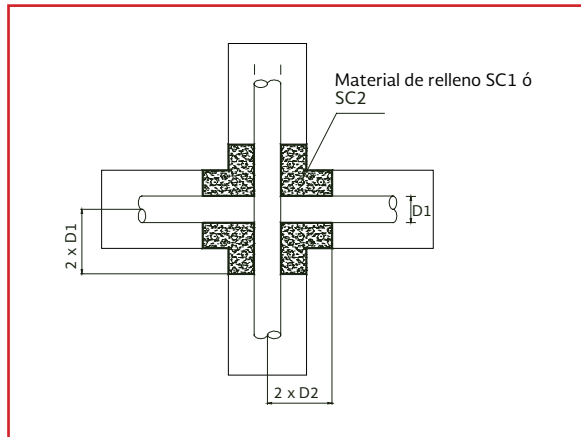
Cuando se coloque un nuevo tubo, un material de relleno tipo SC1 o SC2 se debe depositar en la zanja y se debe compactar hasta un mínimo del 90 por ciento Proctor en forma total alrededor de ambos tubos más unos 0.30 m por sobre la clave del tubo superior.

Ilustración 5.34 Cruce de tubos



Este relleno se debe extender hasta por lo menos el doble del diámetro en cada zanja (ver Ilustración 5.35).

Ilustración 5.35 Vista superior del relleno en los cruces de tubos



#### 5.2.2.4 Zanja con Fondo inestable

Se considera que el fondo de una zanja es inestable cuando consta de suelos blandos, sueltos o altamente expansivos. Cuando el fondo de la zanja sea inestable se deberá estabilizar antes de colocar el tubo o se deberá construir una cimentación para minimizar los asentamientos diferenciales del fondo de la zanja. Para las

capas de cimentación se recomienda utilizar una grava arenosa bien gradada o piedra triturada.

La profundidad del material grava arenosa o la piedra triturada utilizada para la cimentación depende de la severidad de las condiciones del suelo, particularmente del fondo de la zanja. Cuando se use piedra triturada, utilice un geotextil para rodear completamente la cimentación y evitar así que los materiales de la cimentación y la plantilla se mezclen (migración), lo que podría causar una pérdida de apoyo del fondo de la zanja. El geotextil no es necesario si se utiliza el mismo material para la cimentación y la plantilla, o si se utiliza grava arenosa para la cimentación. Finalmente se recomienda que la máxima longitud de tubería entre cople y cople debe ser de hasta 6 m cuando se tengan condiciones de inestabilidad en la zanja.

#### 5.2.2.5 Zanja inundada

Si el nivel freático se encuentra por encima del fondo de zanja, éste debe ser abatido como mínimo hasta el fondo y preferiblemente 0.20

m por debajo del fondo de la zanja antes de colocar la plantilla. Se pueden utilizar distintos procedimientos para lograr este propósito, dependiendo de las características del suelo nativo. En caso de suelos arenosos o limosos, se recomienda utilizar un sistema de bombeo denominado Well Point (puntas coladoras) que consisten en un sistema de bombas conectadas a una tubería principal y a una bomba de vacío. La distancia entre los puntos de aspiración individuales y la profundidad a la cual deben instalarse dependerá del nivel freático y la permeabilidad del suelo. Es importante utilizar un filtro alrededor del punto de succión (arena gruesa o grava) para evitar el taponamiento de los puntos de succión a causa de los gránulos finos del material nativo.

Cuando el material nativo sea arcilla o roca, este sistema no podrá utilizarse, ya que es más difícil de drenar el agua. En estos casos se recomienda el uso de bombas y cárcamos provisionales para abatir el nivel freático.

Si no es posible mantener el nivel del agua por debajo de la plantilla, se deben colocar subdrenajes. Dichos subdrenajes deben contener un agregado de una medida única (20-25 mm) completamente revestidos con geotextil. La profundidad del subdrenaje bajo la plantilla dependerá de la cantidad de agua de la zanja. Si las aguas freáticas no se pueden mantener por debajo de la plantilla, se debe utilizar un geotextil alrededor de la plantilla y de ser necesario se deberá considerar el confinamiento con geotextil para la zona del tubo y de esta manera evitar que se contamine con el material nativo. La grava o la piedra triturada se

deben utilizar para plantilla y el relleno de la zona de tubería.

Para las tareas de drenaje, se deben tomar las siguientes precauciones:

- Evite bombear el agua por largas distancias a través de los materiales de relleno o los suelos nativos, ya que podría causar una pérdida de apoyo a los tubos instalados previamente, por el movimiento de materiales o la migración del suelo
- No desconecte el sistema de drenaje hasta que se haya alcanzado la profundidad suficiente de la cobertura para prevenir la flotación del tubo

#### 5.2.2.6 Uso de apuntalamiento de zanja

Se debe tener cuidado de lograr el correcto soporte entre el suelo nativo y el relleno de la tubería cuando se quita el sistema de entibado; su remoción en forma gradual y la compactación del relleno de la zona del tubo directamente contra la pared de la zanja proporciona el mejor soporte para el tubo y llena los espacios vacíos que tienen lugar frecuentemente detrás de éste. Si el entibado se quita luego de que se coloca el relleno en la zona del tubo, el relleno pierde apoyo, lo que reduce el soporte del tubo, especialmente cuando existen vacíos detrás de las hojas. Para minimizar la pérdida de soporte, debe ser removido mediante vibración.

Asegúrese de que no existen vacíos o carencia de relleno entre el exterior del entibado y el suelo nativo hasta al menos 1 m por sobre la clave del tubo. Use sólo los rellenos tipo SC1 y SC2 entre

el entibado temporal y los suelos nativos, compactados como mínimo al 90 por ciento de la prueba Proctor.

En caso de entibados (tablestacados) permanentes, use un entibado de longitud adecuada para distribuir correctamente las cargas laterales de los tubos, al menos 0.30 m por sobre la clave del tubo. La calidad del entibado permanente debe ser tal que dure por toda la vida útil del tubo.

Los procedimientos de relleno son los mismos que para las instalaciones estándar. Se asume que el entibado permanente se comporta como un suelo nativo grupo 1.

#### 5.2.2.7 Construcción de la zanja en roca

Como alternativa se puede utilizar un relleno de estabilizado con cemento para la cimentación y la plantilla de un tubo que soporta la transición de roca a suelo para evitar la necesidad de utilizar juntas flexibles. La construcción de la zanja

debe realizarse de acuerdo con el método aplicable para las características del suelo nativo (ver Ilustración 5.36).

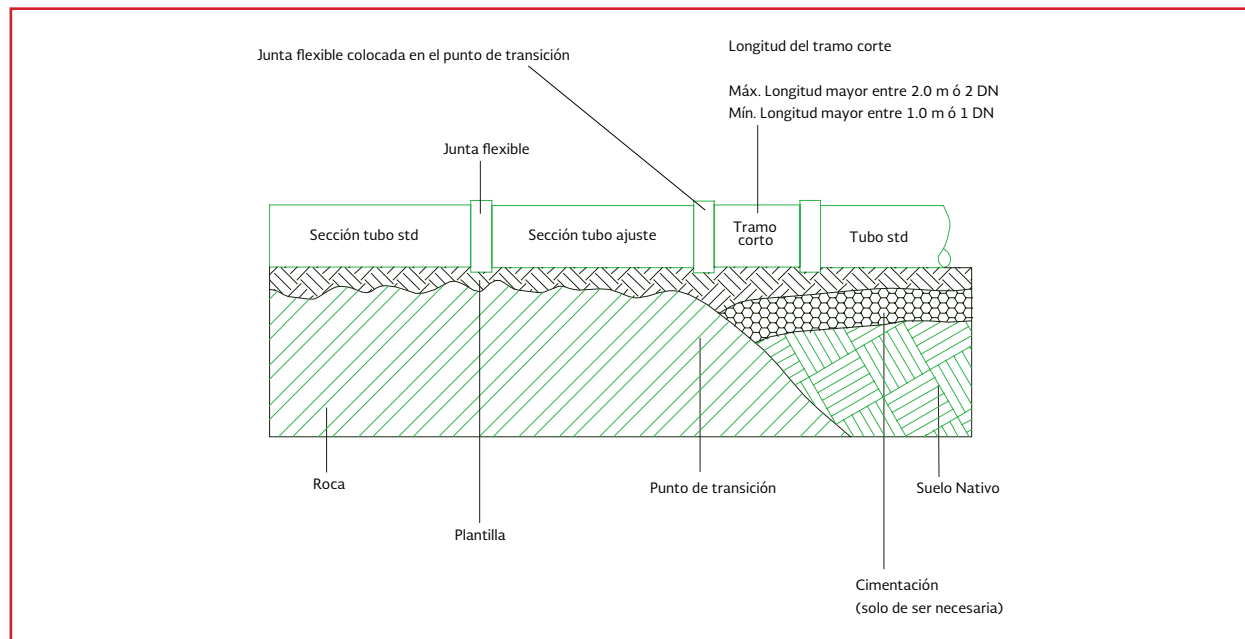
#### 5.2.2.8 Plantilla de la tubería

La plantilla terminada debe proporcionar un apoyo firme, estable y uniforme al cuerpo del tubo y a cualquier saliente de los cople.

Se debe proporcionar una plantilla de 0.10 m a 0.15 m por debajo del tubo y de 0.75 m por debajo del cople. En caso de que el fondo de zanja sea inestable o 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 la plantilla para lograr la gradación adecuada y el apoyo necesario. Los materiales recomendados para la plantilla son SC1 y SC2. Para determinar si el material nativo es el adecuado para la construcción de plantilla, éste debe satisfacer todos los requisitos

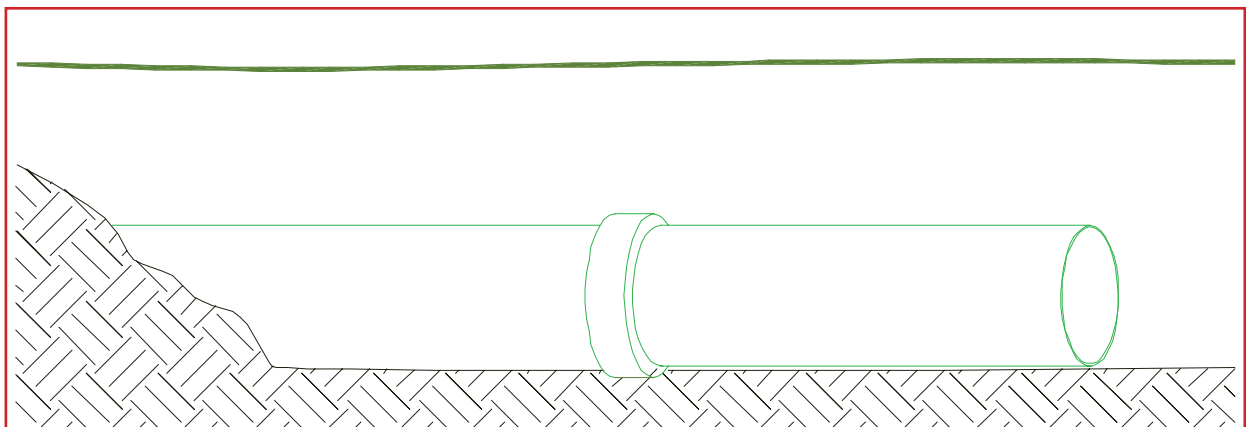
Ilustración 5.36 Método de construcción de zanja y sistema de colocación del suelo en la transición roca-suelo o en caso de cambios abruptos de plantilla de cambios abruptos de plantilla



estructurales para la zona del tubo. El control del material de relleno debe extenderse a lo largo de todo el proceso de instalación debido a que las condiciones del suelo nativo pueden variar y cambiar inesperadamente a lo largo del tramo de la tubería.

La plantilla debe estar sobre excavada en cada unión para asegurar que el tubo tenga un apoyo continuo y no descansa en los coples. El área del cople deberá contar con el apoyo apropiado y ser rellenado luego de completarse el montaje. Ver Ilustración 5.36 e Ilustración 5.37, donde se muestra el apoyo correcto e incorrecto sobre la plantilla.

Ilustración 5.37 Apoyo correcto sobre plantilla



### 5.2.2.9 Materiales de relleno

La Tabla 5.6 agrupa los materiales de relleno en diferentes categorías. SC1 y SC2 son los suelos de relleno más fáciles de usar y precisan menos esfuerzo de compactación para lograr un cierto nivel de compactación relativa.

Independientemente de estas categorías y sin importar si el suelo de relleno es importado o no, se aplicarán las siguientes restricciones:

- Para el tamaño máximo de las partículas y piedras, se deben respetar los límites establecidos

Tabla 5.6 Materiales de relleno

Grupos de suelos de relleno	Descripción de los suelos de relleno
SC1	Piedras 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 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



- Los terrones no deberán ser de un tamaño mayor al doble del máximo tamaño de las partículas
- No se debe utilizar material congelado.
- No se debe utilizar material orgánico.
- No se debe utilizar escombros (neumáticos, botellas, metales, etcétera)

El tamaño máximo de las partículas en la zona del tubo (hasta 0.30 m sobre la clave del tubo) será de acuerdo con la Tabla 5.7.

Tabla 5.7 Tamaño máximo de las partículas

Diámetro nominal	Tamaño máximo (mm)
≤ 450	13
500-600	19
700-900	25
1000-1200	32
≥1300	40

El relleno sobre el tubo puede consistir en material excavado con un tamaño máximo de partículas siempre y cuando la cobertura sobre la tubería sea de 0.30 metros.

Las piedras mayores a 0.20 m no deben ser arrojadas sobre la capa de 0.30 m que cubre la clave del tubo desde una altura mayor a 2 metros.

## 5.2.3 INSTALACIÓN

### 5.2.3.1 Procedimiento para la instalación de la tubería

El tipo de procedimiento de instalación apropiado para los tubos PRFV varía de acuerdo a la rigidez del tubo, la profundidad de la cobertura, el ancho de la zanja, las características de los suelos nativos, las sobrecargas y los materiales de relleno. El material nativo debe confinar adecuadamente el relleno de la zona del tubo para alcanzar el soporte adecuado. Las siguientes

indicaciones sobre instalación procuran asistir al constructor para lograr un adecuado acoplamiento entre los tubos.

### 5.2.3.2 Tipos de instalación

Se recomiendan dos configuraciones estándar de relleno. La selección del tipo 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 del tubo y las condiciones bajo las cuales operará. El Tipo 2, llamada configuración "partida", se utiliza generalmente para aplicaciones de baja presión (PN < 10 kg/cm<sup>2</sup>), carga por tráfico liviana y en casos de presión negativa limitada (vacío).

#### **Instalación Tipo 1**

- Construya la plantilla del tubo de acuerdo con las instrucciones de la sección 4.2.2.8
- Rellene la zona de la tubería (hasta 0.30 m) sobre la clave del tubo con el material de relleno especificado y compactado según los niveles requeridos

**Nota:** Para aplicaciones de baja presión (PN <1 bar) sin cargas tráfico, no es necesario compactar los 0.30 m sobre la clave del tubo (ver Ilustración 5.38)

#### **Instalación tipo 2**

- Construya la plantilla del tubo de acuerdo con las instrucciones de la sección 4.2.2.8. Rellene hasta un nivel del 60 por ciento del diámetro del tubo con el material de relleno especificado, compactado hasta los niveles indicados

b) Rellene desde el 60 por ciento del diámetro hasta 0.30 m sobre la clave del tubo con el material de relleno especificado compactando hasta los niveles indicados (ver Ilustración 5.39)

### 5.2.3.3 Relleno de la zona del tubo

Se recomienda rellenar inmediatamente después del proceso de enchufado a fin de prevenir dos peligros: la flotación del tubo debido a las lluvias copiosas y los movimientos térmicos por la gran diferencia de temperaturas diurnas y nocturnas. La flotación puede dañar al tubo y causar costos de reinstalación innecesarios. La contracción y expansión térmica pueden arruinar el sellado debido al movimiento de varios tramos de tubos acumulados en una misma junta.

Si se colocan secciones de tubería en la zanja y se demora el relleno, el centro de cada tubo deberá ser rellenado hasta la clave para minimizar los movimientos en la junta.

La correcta selección, ubicación y compactación del relleno de la zona de la tubería es de gran importancia a fin de controlar la deflexión vertical y para el rendimiento del tubo. Se debe te-

ner cuidado de que el material de relleno no se encuentre contaminado con escombros u otros materiales extraños que puedan dañar el tubo o causar una pérdida de apoyo.

El material de relleno que se encuentra entre la plantilla y la parte inferior externa del tubo debe insertarse y compactarse antes de colocar el resto del relleno (ver Ilustración 5.40).

Se debe controlar el espesor de la capa a compactar, así como la energía utilizada en el método de compactación. El rellenado correcto se realiza normalmente en capas de 0.10 m a 0.30 m dependiendo del material de relleno y del método de compactación. Cuando se utiliza grava o piedra triturada como material de relleno, generalmente será adecuado utilizar una capa de 0.30 metros.

Los suelos de grano fino necesitan un mayor esfuerzo de compactación y el espesor de la capa debe ser limitada. Se advierte que es importante lograr la correcta compactación de cada capa para asegurarse de que el tubo tenga el soporte necesario. Los rellenos tipo SC1 y SC2 son relativamente fáciles de usar y muy confiables como materiales de relleno para tubos. Estos suelos tienen baja sensibilidad a

Ilustración 5.38 Instalación tipo 1

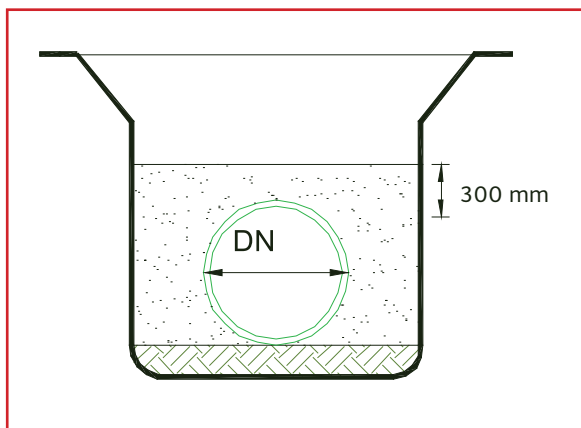


Ilustración 5.39 Instalación tipo 2

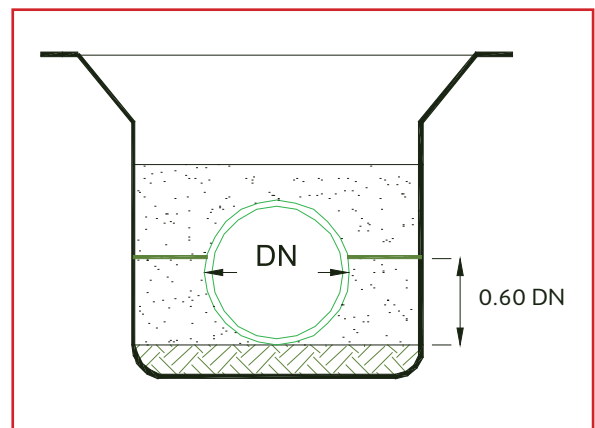
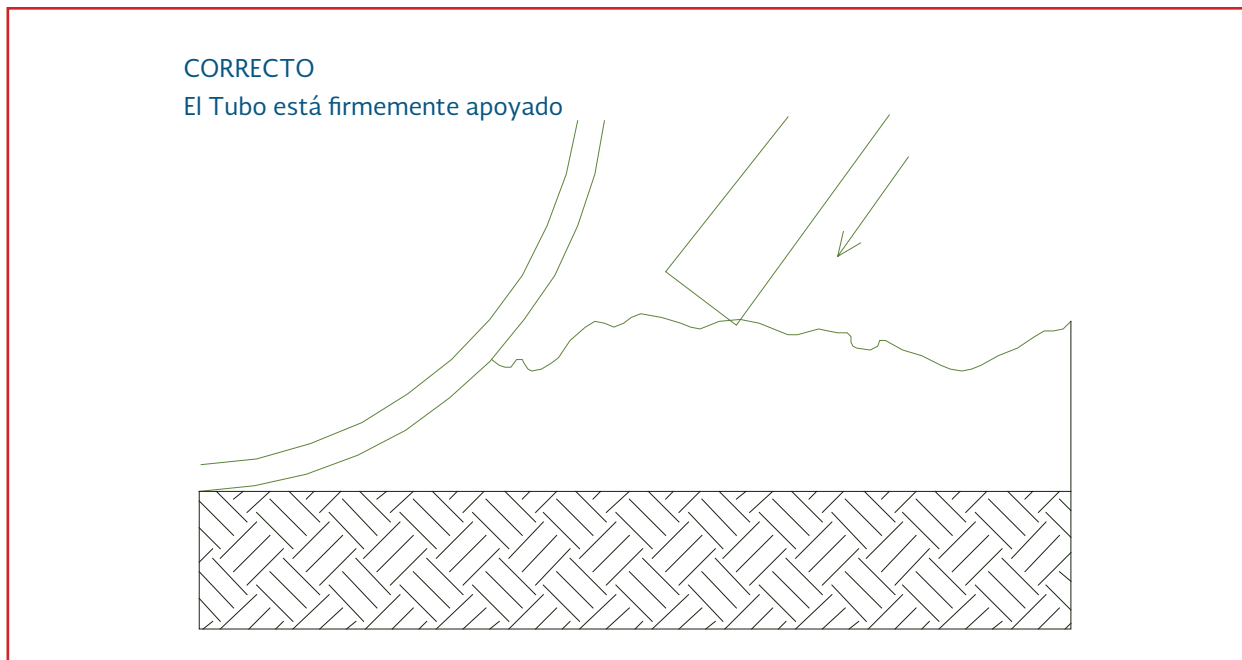


Ilustración 5.40 Método de construcción de zanja y sistema de colocación del suelo en la transición roca-suelo o en caso de cambios abruptos de plantilla



la humedad. El relleno se puede compactar fácilmente utilizando un compactador manual de placa vibratoria en capas de 0.20 a 0.30 metros.

Ocasionalmente, se deberá utilizar un geotextil en combinación con suelos de grava para evitar la migración de materiales finos y la consecuente pérdida de apoyo del tubo. Se pueden aceptar los suelos de rellenos tipo SC3 y se encuentran a menudo listos para usar como materiales de relleno para instalaciones de tuberías. Muchos suelos nativos, en los que se instala la tubería, son del tipo SC3 y, por lo tanto, el suelo extraído puede ser directamente reutilizado como relleno para la zona del tubo. Se deben tomar precauciones ya que estos suelos son sensibles a la humedad.

Las características del tipo de suelo SC3 dependen en gran parte de las características de la fracción fina. El control de humedad puede ser necesario cuando se compacta el suelo para lograr la densidad deseada con una razonable ener-

gía de compactación y con una fácil utilización del equipo de compactación. La compactación se puede lograr utilizando un compactador manual de impacto en capas de 0.10 a 0.20 metros.

El relleno tipo SC4 solamente se puede utilizar como relleno de la zona de tubería observando las siguientes precauciones:

- El contenido de humedad se debe controlar durante la colocación y la compactación
- No se debe usar en instalaciones con zanjas inestables o con agua estancada en la zanja
- Las técnicas de compactación pueden requerir de una considerable energía y por lo tanto se deben tener en cuenta las limitaciones prácticas de la compactación relativa y la rigidez de suelo resultante.
- Cuando compacte, utilice capas de 0.10 m y 0.15 m con un compactador ma-

nual de impacto tal como un apisonador neumático mecánico (bailarina)

- Las pruebas de compactación se deben realizar periódicamente para asegurar la compactación adecuada. La compactación del relleno de grano fino se logra con mayor facilidad cuando el material tiene un contenido óptimo de humedad o cercano al mismo

Cuando el relleno alcanza el diámetro horizontal del tubo, toda la compactación deberá comenzar cerca de la zanja y avanzar hacia el tubo. El relleno de la zona de la tubería se puede ubicar y compactar de tal modo que cause que el tubo se ovale en dirección vertical (aumento del diámetro vertical). El ovalo inicial no debe exceder el 1.5 por ciento del diámetro del tubo de acuerdo con las mediciones realizadas al alcanzar el relleno la clave del tubo. La cantidad de ovalado inicial obtenida se relacionará con la energía necesaria para lograr la compactación relativa que se necesita. Los altos niveles de energía necesarios con el relleno de tipo SC3 y SC4 pueden sobrepasar los límites. Si esto ocurre considere utilizar tubos de mayor rigidez u otro material de relleno o ambas cosas. Estas recomendaciones se resumen en la Tabla 5.8.

#### 5.2.3.4 Compactación sobre el tubo

La instalación Tipo 1 requiere que se compacte 0.30 m sobre el tubo. El relleno de la zanja en áreas sujetas a cargas de tránsito se suele compactar para minimizar el asentamiento de la superficie de la ruta, calle, autopista, etcétera.

La Tabla 5.9 muestra la altura mínima de cobertura sobre el tubo necesaria antes de que ciertos equipos de compactación puedan utilizarse directamente sobre el tubo.

Se debe tener cuidado de evitar un excesivo esfuerzo de compactación sobre la clave del tubo que pueda causar abultamientos o áreas planas.

Sin embargo, el material en esta área no debe dejarse suelto y se debe lograr la densidad específica deseada.

#### *Deflexión del tubo*

La deflexión del tubo con relleno completo es una buena indicación de la calidad de la instalación. La deflexión inicial vertical normal del tubo luego de rellenar hasta el nivel del suelo es menor a

Tabla 5.8 Resumen de recomendaciones para la compactación del relleno en la zona de tubo

Tipo de suelos de relleno	Compactador manual de impacto	Compactador manual de placa vibratoria	Recomendaciones
Tipo SC1	--	300 mm	Dos pasadas deberían proporcionar una buena compactación
Tipo SC2	--	200 – 250 mm	Dos o cuatro pasadas, dependiendo de la altura y la densidad requerida
Tipo SC3	100 – 200 mm	--	La altura de la capa y el número de pasadas dependen de la densidad necesaria. Vigilar los niveles de humedad óptimos del material. Controlar la compactación
Tipo SC4	100 – 150 mm	--	Puede requerir una importante energía de compactación. El contenido de humedad debe ser óptimo. Verificar la compactación

Tabla 5.9 Cobertura mínima para compactación sobre la tubería

Peso del equipo en kg	Cobertura mínima del tubo (mm)	
	Apisonado	Vibrado
< 50		
50 – 100	250	150
100 – 200	350	200
200 – 500	450	300
500 – 1 000	700	450
1 000 – 2 000	900	600
2 000 – 4 000	1 200	800
4 000 – 8 000	1 500	1 000
8 000 – 12 000	1 800	1 200
12 000 - 18 000	2 200	1 500

2 por ciento para la mayoría de las instalaciones. Todo valor que exceda esta cifra indica que no se ha logrado la calidad de instalación pretendida y debería mejorarse antes de colocar los siguientes tubos. (Por ejemplo, incrementar la compactación del relleno en la zona de tubería, utilizar materiales de relleno en la zona de tubería de grano más grueso o una zanja más ancha, etc.). La Tabla 5.10 proporciona detalles sobre la máxima deflexión del tubo tan pronto como el tubo se haya rellenado hasta el nivel del suelo o calle para obtener una retroalimentación continua de información sobre la calidad de la instalación.

#### 5.2.3.5 Montaje de los tubos

La tubería PRFV por lo general se instala utilizando coples. Los tubos y coples se pueden suministrar por separado, si bien se pueden entregar con el cople montado en un extremo del tubo. Si los coples no se entregan previamente ensamblados, se recomienda que se monten en el lugar de almacenamiento o a un costado de la zanja antes de que el tubo sea descendido al fondo de la zanja.

La tubería PRFV también permite el uso de otros sistemas de unión tales como bridas, juntas mecánicas y uniones por laminación.

#### 5.2.3.6 Sistema de unión por cople

##### **Coples PRFV**

Los pasos 1 a 5 se deben seguir en todos los montajes que utilicen coples de presión PRFV.

##### Paso 1: Preparación de plantilla

La plantilla debe estar sobre excavada en la ubicación de cada cople para asegurar que el tubo tenga un apoyo parejo y no descansa sobre estos. El área del cople debe ser rellenada luego de que se complete su montaje

##### Paso 2: Limpieza del cople

Limpie meticulosamente los alojamientos del cople y los empaques de caucho para asegurarse de que estén libres de suciedad y aceites

##### Paso 3: Instalación de los empaques de sello

Introduzca el empaque de sello en el alo-

Tabla 5.10 Deflexión vertical inicial permitida

	Deflexión % del diámetro
Grandes diámetros (DN > 300 ) inicial	3.0

jamiento dejando bucles del empaque fuera del alojamiento (generalmente de dos a cuatro bucles). No utilice lubricantes ni en el alojamiento, ni en el empaque de caucho

No obstante, puede utilizar agua para humedecer el empaque de sello y el alojamiento para facilitar el posicionamiento y la inserción del empaque de sello

Introduzca cada bucle del empaque en el interior del alojamiento, ejerciendo una presión uniforme en todo momento. Una vez instalado el empaque de sello, tire ligeramente en dirección radial alrededor de la circunferencia para distribuir la compresión del empaque. Verifique que ambos lados del empaque de caucho sobresalgan uniformemente del alojamiento a lo largo de toda la circunferencia. En caso de que no sea así, puede golpear el empaque de sello con una maza de caucho para introducirlo correctamente

**Paso 4: Lubricación de los empaques de sello**  
Aplique una fina capa de lubricante sobre los empaques de sello. Consulte a su proveedor, sobre la cantidad de lubricante que se consume por cada junta

**Paso 5: Limpieza y lubricación de los espigas**  
Limpie las espigas 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 a las espigas desde el extremo del tubo hasta la posición donde se encuentra pintada la franja negra de alineación  
Tome las precauciones necesarias para mantener limpias las espigas y los cople una vez lubricados. Se ha observado que colocando un trozo de tela o plástico de aproximadamente un metro cuadrado

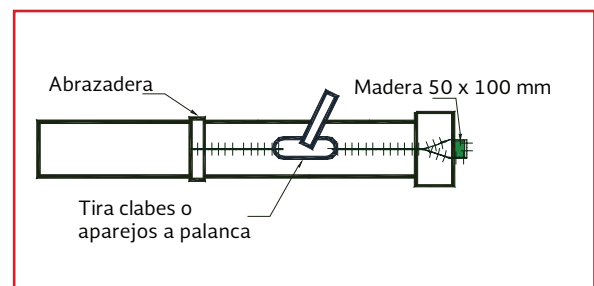
bajo el área de montaje se mantienen limpios los extremos de las espigas y los empaques de sello

**Paso 6: Enchufe de tubería**

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 de la espiga sobre la cual se realizará el montaje del cople. Asegúrese de que la espiga del tubo se ubique al menos a 0.10 m sobre el nivel del suelo para evitar que se ensucie. Presione el cople hacia el extremo de la espiga del tubo en forma manual y coloque un tirante de madera de 0.10 m x 0.05 m 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 esté alineado con la línea de ayuda para el montaje o hasta que la espiga toque el tope central de montaje (ver Ilustración 5.41)

Ilustración 5.41 Montaje del cople en el tubo



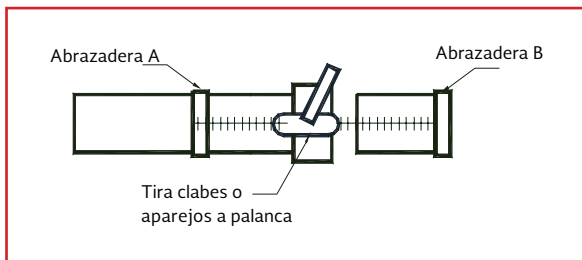
Los siguientes pasos (6 a 8) se aplican al montaje de tubos con abrazaderas o eslingas y tiracables o aparejos a palanca. Se pueden utilizar otras técnicas que puedan ayudar a lograr el objetivo siempre que cumplan con las indicaciones de este manual

En especial, la inserción de los extremos de los espigas del tubo se debe limitar a la línea de ayuda para montaje y se debe evitar cualquier daño al tubo y los coples.

**Paso 7: Ubicación del tubo**

Se hace descender el tubo con el cople montado al fondo de la zanja. En el lugar de la junta se debe sobreexcavar la zanja para asegurar que el tubo tenga un apoyo parejo y no descansa sobre los coples (ver Ilustración 5.42)

Ilustración 5.42 Montaje del tubo con abrazadera



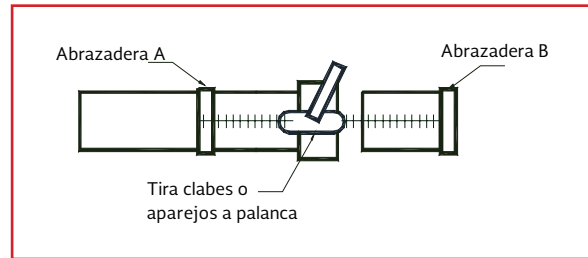
**Paso 8: Ajuste de las abrazaderas**

La abrazadera (o eslinga) A se fija sobre cualquier punto del primer tubo o puede quedar posicionada desde la unión anterior. Ajuste la abrazadera B sobre el tubo a ser montado en una posición conveniente.

**Nota:** El contacto de la abrazadera con el tubo debe contar con protección (acolchado) para evitar daños al tubo y ejercer una resistencia por fricción con la superficie del tubo. Si no se dispone de abrazaderas, se pueden usar eslingas de nylon o de sogas o fajas teladas planas, tomán-

dose las debidas precauciones para mantener la alineación del cople (ver Ilustración 5.43).

Ilustración 5.43 Montaje de tubos con fajas teladas



**Paso 8: Unión de las juntas**

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 toca el tope central de montaje. La abrazadera A luego se mueve hacia el próximo tubo a ser montado

**Deflexión Angular en coples PRFV**

La máxima deflexión angular en cada junta, tomando en cuenta la vertical y horizontal combinadas, no debe exceder los valores indicados en la Tabla 5.11. 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 se deberá aplicar la deflexión angular necesaria después de ser ensamblados. La desviación máxima y su correspondiente radio de curvatura se indican en la Tabla 5.12.

Tabla 5.11 Deflexión angular en el cople con doble sello

Diámetro nominal del tubo	Presión (PN) en Bares			
	Hasta 16	20	25	32
Ángulo máximo de deflexión máx. (en grados)				
DN < 50	3	2.5	2	1.5
500 < DN < 900	2	1.5	1.3	1
900 < DN < 1 800	1	0.8	0.5	0.5
DN > 1 800	0.5	NA	NA	NA

Tabla 5.12 Desviación y radio de curvatura

Ángulo de deflexión (grados)	Máxima desviación (mm)			Radio de Curvatura (m)		
	Longitud del tubo			Longitud del tubo		
	3 m	6 m	12 m	3 m	6 m	12 m
3	157	314	628	57	115	229
2.5	136	261	523	69	137	275
2	105	209	419	86	172	344
1.5	78	157	313	114	228	456
1.3	65	120	240	132	265	529
1	52	105	209	172	344	688
0.8	39	78	156	215	430	860
0.5	26	52	104	344	688	1376

**Nota:** Estos datos se suministran a modo informativo. La longitud mínima permitida se calcula en función de la presión nominal, el tipo de relleno y la compactación, pero en ningún caso debería ser inferior a 3 metros.

## 5.2.4 INSPECCIÓN

### 5.2.4.1 Control del tubo instalado

Los valores máximos de deflexión diametral de una tubería instalada no deben exceder los valores iniciales y a largo plazo que se presentan en la Tabla 5.13. No se admiten bultos, achatacimientos u otros cambios bruscos de la curvatura de la pared del tubo. Si los tubos instalados no se ajustan a estas limitaciones es posible que no funcionen según lo previsto.

La verificación del cumplimiento de los requisitos de deflexión iniciales es fácil de realizar y debería efectuarse para cada tubo inmediatamente después de finalizar la instalación (normalmente en el plazo de las 24 horas posteriores luego de

alcanzar el relleno máximo.) La deflexión inicial prevista para la mayoría de las instalaciones con relleno máximo es de aproximadamente el 2 por ciento. Por lo tanto, un valor que exceda esta cifra indicará que la instalación no se ajusta a lo previsto y que deberá ser mejorada la instalación de tubos posteriores (por ejemplo, incrementado la compactación de la zona de relleno de la tubería, utilizando materiales de relleno de grano más grueso, excavando zanjas más anchas, etc.) Las mediciones de deflexión para cada tubo instalado se recomiendan como una buena verificación de la calidad de instalación del tubo.

No debe permitirse la instalación de un tramo largo de tubería sin antes ir verificando su calidad. Esto le permitirá detectar y corregir a tiempo cualquier método inadecuado de instalación.

Los tubos instalados cuyas deflexiones iniciales excedan los valores indicados en la Tabla 5.13 deberán ser reinstalados de forma que la deflexión inicial se ajuste a los límites marcados en dicha tabla.

Tabla 5.13 Deflexión vertical permitida

	% de deflexión del diámetro
Diámetros grandes (DN > 0.30 m)	3.0



El procedimiento para la verificación de la deflexión diametral inicial es el siguiente:

- Complete el relleno hasta el nivel del suelo
- Termine de retirar los entibados provisionales (en caso de que se hayan utilizado)
- Desconecte el sistema de drenaje (en caso de que se haya utilizado)
- Mida y registre el valor del diámetro vertical del tubo

**Nota:** En los tubos de diámetro pequeño se puede utilizar un aparato para el control de la deflexión (normalmente denominado calibre) para verificar que el diámetro vertical se encuentra dentro de los valores admisibles, recorriendo la línea con el mismo.

- Calcule la deflexión vertical con la Ecuación 4.1:

$$\% \text{ Deflexión} = \frac{DI \text{ Inicial} - DI \text{ Instalado}}{DI \text{ Inicial}} (100)$$

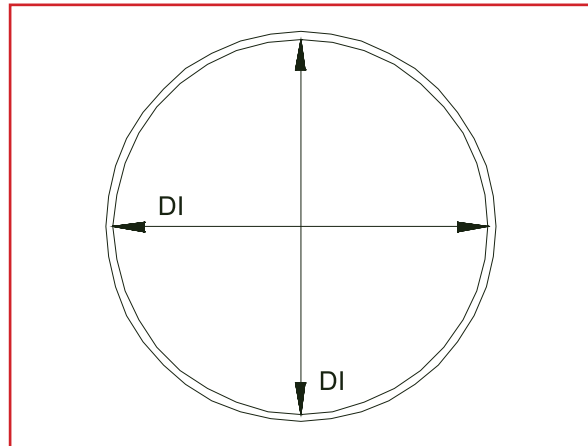
Ecuación 4.1

El diámetro inicial (DI inicial) puede ser verificado o determinado midiendo los diámetros de un tubo que no haya sido instalado y que se encuentre depositado libremente sobre un suelo lo más plano posible (sin tubos apilados) o pidiendo directamente el valor al fabricante. Dicho valor se calcula con la Ecuación 4.2 (ver Ilustración 5.44)

$$DI \text{ Inicial} = \frac{DI \text{ Vertical} - DI \text{ Horizontal}}{2}$$

Ecuación 4.2

Ilustración 5.44 Determinación del diámetro inicial de un tubo no instalado



## 5.3 TUBERÍA DE PVC

### 5.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

Los materiales para ser usados como cimentación, encamado y rellenos son mostrados en la Ilustración 5.45; están clasificados en la Tabla 5.14. Esta clasificación incluye agregados naturales, manufacturados y procesados y los tipos de suelo clasificados con la norma ASTM D 2487.

**Nota:** los materiales procesados producidos para la construcción de carreteras, incluyendo agregado grueso, material de base, sub-base y materiales para superficies de rodamiento, cuando se usen para cimentación, plantilla y relleno deben clasificarse de acuerdo con este apartado y la Tabla 5.14 según la forma y la granulometría.

La Tabla 5.14 provee recomendaciones para la instalación y el uso de acuerdo con el tipo de suelo o agregado y su ubicación dentro de la zanja.

Ilustración 5.45 Sección transversal de la zanja mostrando los elementos mencionados en la terminología ( ASTM D 2488)

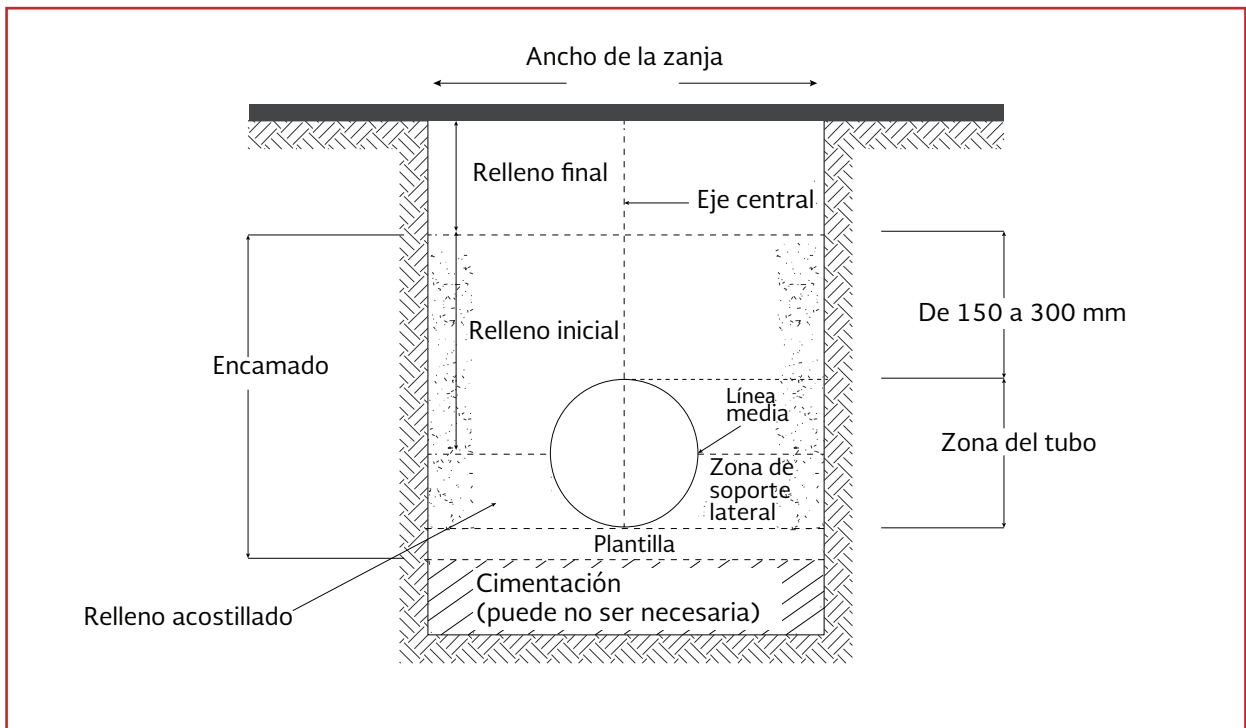


Tabla 5.14 Clasificación de suelos y valores del E' (Módulo de reacción del suelo modificado kg/cm<sup>2</sup>)

Tipos de suelo		E' según grado de compactación y tipo de material (kg/cm <sup>2</sup> )			
Clase de suelo	Suelo según ASTM D2487	Suelto	Compactación ligera <85%	Compactación moderada 85% -95%	Muy compacto > 95%
V	Suelos orgánicos del tipo OL, OH y suelos que contienen desechos y otros materiales extraños	No se acepta en ningún caso éste material como plantilla, encamado o relleno o relleno			
IVB	Suelos finos LL > 50 suelos con media a alta plasticidad CH, MH, CH-MH	No existe información, para esta condición se deberán realizar los análisis especializados por parte de especialistas en mecánica de suelos			
IVA	Suelos finos, LL < 50 sin plasticidad a media plasticidad, CL, ML, ML-CL con menos de 25% de partículas gruesas	3.5	14	2.8	70
IVA – III	Ídem anterior pero con más de 25% de partículas gruesas	7	28	70	140
III	Suelos gruesos con más de 12% de finos GM, GC, SM, SC	7	28	70	140
II	Suelos gruesos con menos de 12% de finos GW, GP, SW, SP	17	70	140	210
IA - IB	Piedra quebrada	70	210	210	210

### ***Materiales Clase IA***

Estos materiales proveen una estabilidad y soporte máximo para una densidad especificada a causa del entrelazado angular de partículas. Con esfuerzo mínimo, estos materiales pueden colocarse hasta alcanzar densidades relativamente altas en un amplio rango de contenido de humedad. Además, la alta permeabilidad de los materiales Clase IA puede ayudar a controlar el agua, estos materiales son recomendados usualmente para rellenos en cortes de roca donde generalmente existe agua. Sin embargo, cuando se prevea la existencia de flujos de agua subterráneas, deben tomarse precauciones para evitar la posible migración de materiales finos de las zonas adyacentes hacia los materiales de Clase IA de granulometría abierta (ver Ilustración 5.46).

Ilustración 5.46 Materiales Clase IA



### ***Materiales Clase IB***

Estos materiales son producto de la mezcla de materiales Clase IA y arenas naturales o procesadas para obtener un agregado de granulometría cerrada que minimice la migración de materiales finos contenidos en las áreas adyacentes. Estos materiales son un poco más densos que los materiales de la clase IA y por lo tanto requiere de un mayor esfuerzo de compactación para alcanzar la densidad mínima especificada. Cuando se

han compactado correctamente, los materiales de la clase IB ofrecen alta rigidez y resistencia y dependiendo de la cantidad de materiales finos, pueden ser drenados con relativa facilidad (ver Ilustración 5.47).

Ilustración 5.47 Materiales Clase IB



### ***Materiales Clase II***

Estos materiales al compactarse proveen un nivel de soporte relativamente alto a la tubería. En muchos aspectos tienen todas las características deseables de los materiales de la clase IB cuando tienen granulometría cerrada. Sin embargo, los grupos de granulometría abierta pueden permitir migración de finos y las graduaciones deben ser revisadas para que sean compatibles con las graduaciones de los materiales adyacentes. Típicamente, los materiales Clase II consisten en partículas redondeadas y son menos estables que los materiales angulares, a menos que estén confinados y compactados (ver Ilustración 5.48)

Ilustración 5.48 Materiales Clase II



### ***Materiales Clase III***

Estos materiales proveen menos soporte para una densidad dada que los materiales de las clases I y II. Se requiere de un esfuerzo de compactación elevado a menos que se controle el contenido de humedad. Una vez que logre tener la densidad adecuada, estos materiales pueden brindar un nivel de soporte razonable para la tubería (ver Ilustración 5.49).

Ilustración 5.49 Materiales Clase III



### ***Materiales Clase IV-A***

Estos materiales requieren de una evaluación geotécnica antes de su utilización. El contenido de humedad debe estar cerca del nivel óptimo para minimizar el esfuerzo de compactación y alcanzar la densidad requerida. Si son colocados y compactados adecuadamente pueden proveer niveles de soporte razonables para la tubería; sin embargo, su uso puede ser inconveniente en condiciones de carga altas, tales como; rellenos altos, tráfico pesado o bajo equipo de compactación vibratorio pesado. Estos materiales no deben usarse cuando exista agua en la zanja que pueda causar inestabilidad y un contenido incontrolable de agua (ver Ilustración 5.50)

Ilustración 5.50 Materiales Clase IV – A



#### 5.3.1.1 Contenido de humedad en el material del relleno

El contenido de humedad debe estar dentro de los límites recomendados para permitir la colocación y compactación a los niveles requeridos con un esfuerzo normal. Para suelos poco permeables (tales como los de Clase III, Clase IV-A y algunos en el límite de la Clase II), el contenido de humedad normalmente requerido debe ser  $\pm 3\%$  del óptimo. La practicidad de obtener y mantener los límites requeridos en el contenido de humedad es un criterio importante para la selección de materiales ya que una falla en la densidad requerida, específicamente en la zona de tubo, pudiera resultar en deflexión excesiva. Donde existe la posibilidad de que entre agua en la zanja, los materiales del relleno deben elegirse por su habilidad para densificarse rápidamente mientras son saturados (esto es, materiales de rápido escurrimiento, granulares no cohesivos).

#### 5.3.1.2 Tamaño máximo de las partículas

El tamaño máximo de las partículas del material del relleno está limitado a los materiales que pasen una malla de 38.1 mm (1 ½ ") (ver Tabla 5.27 al final del capítulo). Para facilitar el relleno

alrededor de una tubería de diámetro pequeño y para prevenir daños en la pared de la misma, se requiere un tamaño menor de partículas. Cuando el relleno final contiene rocas, grava, etcétera, el ingeniero puede exigir mayores espesores del relleno inicial (ver Ilustración 5.45).

#### 5.3.1.3 Excavación

Debe asegurarse la estabilidad lateral de la excavación bajo cualquier condición de trabajo. La inclinación de las paredes de la zanja o los soportes previstos deben estar en conformidad con las normas de seguridad nacionales. Solamente se debe excavar la longitud de zanja que pueda ser mantenida con seguridad por el equipo disponible. Se deben rellenar todas las zanjas tan pronto como sea posible, y no dejarlas abiertas más allá de la jornada de trabajo.

**Nota:** No se debe colocar o recubrir tubería mientras exista agua en la zanja. Se debe prevenir, en todo momento, la entrada de aguas superficiales en la zanja.

#### *Aguas Subterráneas*

Cuando se presenten aguas subterráneas en el lugar de trabajo deben ser desalojadas para mantener la estabilidad de los materiales. Se debe procurar mantener el nivel de agua por debajo de la plantilla y de la cimentación de la tubería (si existe) para dar una base estable a la zanja. Se debe usar el equipo y procedimientos necesarios, bombas, pozos, pozos profundos, geotextiles, subdrenes perforados o sábanas de roca, para remover y controlar el agua en la zanja. Cuando se esté excavando y desalojando el agua, procure que el nivel del agua se mantenga debajo del fondo del corte para evitar que se lleve parte de las paredes de zanja. Se debe mante-

ner el agua controlada en la zanja antes, durante y después de la instalación de la tubería y hasta que el relleno esté completo y se haya colocado suficiente material para prevenir que la tubería flote (ver Ilustración 5.51). Para no perder el soporte del suelo, se deben emplear métodos para desaguar que minimicen la migración de partículas finas y la creación de vacíos en el perímetro de la zanja.

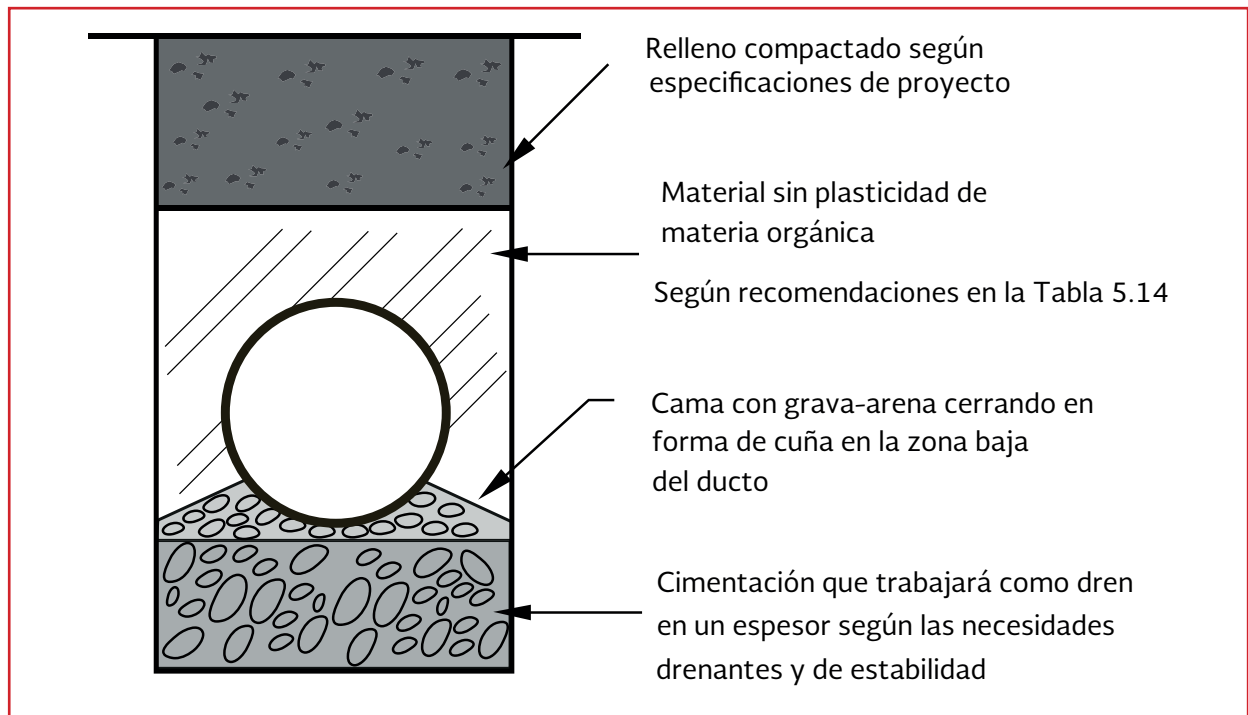
#### *Aguas de escorrentía*

Se debe controlar el agua de escorrentía procedente de drenaje superficial o del subsuelo para evitar el desgaste de las paredes de la zanja, sus cimios y otras zonas del encamado. Para evitar el flujo de agua a lo largo del fondo de la zanja, se deben hacer diques, cortes u otras barreras en la zanja durante la instalación. Se deben rellenar todas las zanjas una vez instalada la tubería para prevenir daños en la misma o en el encamado.

#### 5.3.1.4 Ancho mínimo de la zanja

Cuando las paredes de las zanjas sean estables o están sostenidas, se debe dar el ancho suficiente, pero no mayor que el necesario para garantizar que el área de trabajo sea segura y adecuada para compactar la plantilla, el acostillado y otros materiales del encamado. El espacio entre la tubería y las paredes de la zanja debe ser lo suficientemente amplio de modo que permita el uso del equipo de compactación en la zona de la tubería. Los anchos mínimos no deben ser menores que el diámetro exterior del tubo más 0.40 m o el diámetro exterior del tubo multiplicado por 1.25, más 0.30 m. Adicionalmente a las consideraciones de seguridad, el ancho de la zanja en suelos inestables no adermados y con poca firmeza depende del

Ilustración 5.51 Materiales para el control del Agua



diámetro y la rigidez de la tubería, la rigidez del relleno y del suelo natural así como de la profundidad de instalación. Puede utilizarse equipo especial que permita la instalación y encamado satisfactorio de la tubería en zanjas más estrechas que las especificadas.

#### ***Soporte de las paredes de la zanja***

Cuando se usen sistemas tales como: tablestacas, pantallas o cajas especiales, se debe asegurar que el soporte del tubo y su encamado se mantengan a lo largo de la instalación. Además se debe asegurar que la tablestaca sea lo suficientemente hermética para prevenir el lavado de las paredes detrás del sistema de tablestacado.

#### ***Soportes dejados en el sitio***

Las tablestacas utilizadas como soportes dentro o debajo de la zona de tubería deben ser dejadas en su posición para evitar la pérdida de soporte del

material de cimentación o del relleno. Cuando la parte superior del ademe deba cortarse, debe hacerse a 0.50 m o más arriba de la corona del tubo. Se deben dejar barreras y apuntalamientos en el lugar según se requieran para soportar el corte en el ademe y los alrededores de las paredes de la zanja en la zona de la tubería. Si se considera que el ademe debe dejarse colocado en el sitio, éste se considerará como una estructura permanente y por tanto debe tratarse contra la degradación biológica (por ejemplo ataque de insectos u otras formas biológicas), y contra el deterioro si está por encima del agua subterránea.

#### ***Soportes móviles para paredes de zanja***

No se debe alterar la tubería instalada y su encamado cuando se usen ademes móviles. Los soportes móviles no deben ser usados por debajo de la parte superior del tubo a menos que se utilicen métodos adecuados para mantener la integridad del material de encamado. Antes

de remover el soporte se debe colocar y compactar el encamado hasta una profundidad suficiente como para asegurar la protección de la tubería. Una vez retirados los ademes se debe finalizar la colocación y compactación del encamado.

### ***Eliminación de soportes para paredes de zanja***

Si el ingeniero permite el uso de tablestacas u otros soportes para paredes de zanja por debajo de la zona del tubo, asegúrese que el material de la misma, la cimentación y el encamado no se alteren al retirar los ademes. Llenar los vacíos dejados por los ademes removidos y compactar todo el material a la densidad requerida.

### ***Rocas o material rígido en el fondo de la zanja***

Si se encontrara en el fondo de la zanja, esquitos u otros tipos de materiales no removibles, guijarros, escombros o restos, pedruscos o piedras mayores a 0.04 m, se debe excavar a una profundidad mínima de 0.15 m por debajo del fondo de la tubería y sustituir con material apropiado para la plantilla.

## **5.3.2 INSTALACIÓN**

### **5.3.2.1 Fondo de la zanja**

Cuando se encuentren rocas y materiales de difícil remoción en el fondo de la zanja, se debe instalar una plantilla con un espesor mínimo de 0.15 m debajo del fondo del tubo. Cuando el fondo de la zanja sea inestable o presente una tendencia a la inestabilidad, se debe excavar a

una profundidad de acuerdo a lo indicado por el ingeniero y remplazar por una cimentación de material Clase IA, Clase IB o Clase II. Use un material graduado adecuado donde las condiciones existentes pueden causar migración de partículas finas o pérdida del soporte de la tubería. Se debe colocar y compactar el material de cimentación de acuerdo con la Tabla 5.28 (al final del capítulo). Para condiciones severas el ingeniero puede requerir de una cimentación especial, tales como uso de pilotes y tablestacas. Se puede lograr controlar los fondos inestables de zanjas mediante el uso de los geotextiles apropiados.

### **5.3.2.2 Cargas concentradas**

Se deben minimizar las cargas concentradas y los asentamientos diferenciales, donde la tubería cruce otras instalaciones o estructuras diferenciales, donde la tubería cruce otras instalaciones o estructuras subterráneas, o donde existan cimientos especiales como pilotes de concreto y promover el uso de un material que amortigüe las cargas entre la tubería y cualquier otro punto de carga concentrada.

### **5.3.2.3 Sobre-Excavación**

Si el fondo de la zanja es sobre-excavado por debajo de la pendiente proyectada, se debe rellenar la sobre-excavación con material compatible con la cimentación y compactar la plantilla a una densidad no menor que la mínima dada en la Ilustración 5.17. Si las paredes laterales de la zanja se desprenden durante cualquier etapa de la instalación o excavación, quite todo el material desprendido y suelto de la zanja.

#### 5.3.2.4 Ubicación y alineamiento

Se debe colocar la tubería y los accesorios en la zanja con el fondo de arrastre de acuerdo a las elevaciones pendientes y alineamiento requeridos. En la plantilla de la tubería se debe excavar el espacio necesario para las campanas de acople, si la tubería que se instala cuenta con ellas, que asegure la uniformidad en el soporte de la tubería. Deben llenarse todos los vacíos bajo la campana compactando adecuadamente. En casos especiales donde la tubería está instalada en una curva, mantener las deflexiones angulares de las uniones (alineamiento axial) o radio de curvatura del eje de la tubería o ambos, dentro de los límites de diseño aceptables.

#### 5.3.2.5 Junta de empaques elastoméricos

Se debe verificar que las espigas de la tubería estén marcadas para indicar la posición final de la inserción y asegurarse que el tubo sea insertado dentro del tubo o campana hasta esta marca. Se debe empujar la espiga dentro de la campana usando los métodos recomendados de fabricante, manteniendo la tubería alineada y en la pendiente indicada, asegurándose de proteger el extremo de la tubería durante el acople, no se debe usar fuerza excesiva que pueda hacer que la espiga penetre más de lo indicado o que se desacomode el empaque. Si no se logra la inserción total, se debe desacoplar la junta, limpiar la unión y acoplar. Se debe usar solamente los lubricantes recomendados o suministrados por el fabricante de la tubería. No se debe utilizar lubricantes derivados del petróleo, ni exceder las recomendaciones del fabricante para deflexiones angulares de la junta (alineamiento axial).

**Nota:** es importante mencionar que el lubricante debe aplicarse en el chaflán de la espiga y en el anillo de la campana para hacer el sello y hermeticidad.

#### *Unión cementada*

Cuando se utilicen juntas cementadas se deben seguir las recomendaciones del fabricante de tubería y del cemento solvente. Si no se logra la inserción completa, se debe cortar y elaborar una nueva unión utilizando los accesorios adecuados. Se debe esperar a que las uniones sequen durante 12 o 24 horas antes de mover, rellenar o efectuar cualquier movimiento en la tubería.

#### *Uniones por fusión térmica*

Se debe hacer este tipo de uniones de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de la tubería. La tubería puede ser unida fuera de la zanja, colocándola luego en su sitio, teniendo el cuidado necesario para no causarle daño.

#### 5.3.2.6 Colocación y compactación del relleno en la tubería

Se debe colocar y apisonar el material del acostillado en el área entre la plantilla y la parte inferior del tubo antes de colocar y compactar el resto del encamado en la zona del tubo. Siga las recomendaciones de compactación dadas en la Tabla 5.14. No se debe permitir que el equipo de compactación toque o dañe la tubería. Se deben usar técnicas y equipo que sean compatibles con los materiales usados y su distribución dentro de la zanja. Antes de usar un equipo pesado de compactación o construcción



directamente sobre la tubería, se debe colocar suficiente material de relleno para prevenir daño, deflexión excesiva o cualquier otra perturbación a la tubería.

### **Densidad mínima**

La densidad mínima del relleno debe ser establecida y corroborada por el ingeniero basado en evaluaciones de las condiciones específicas del proyecto, así como en la clasificación de suelos. En ausencia de esta evaluación las densidades mínimas dadas en la Tabla 5.14 proveen una rigidez satisfactoria en el encamado para diferentes condiciones de instalación, con las cuales se espera lograr un módulo promedio de reacción del suelo ( $E'$ ) de 70 kg/cm<sup>2</sup> (1000 psi), ver Ilustración 5.52.

Ilustración 5.52 Densidad mínima



### **Cobertura mínima**

Para no perturbar la tubería ni el encamado de la misma, una profundidad mínima sobre el tubo debe mantenerse, antes de permitir el paso de vehículos y equipo de construcción pesado sobre la zanja. La profundidad mínima sobre el lomo del tubo debe ser establecida por el ingeniero, basada en una evaluación específica

de las condiciones del proyecto. En ausencia de esta evaluación deben emplearse los siguientes requerimientos mínimos de cobertura: para materiales de relleno Clase IA y Clase IB instalados a la densidad mínima dada en la Tabla 5.14, se debe proveer una cobertura (espesor de la capa de relleno sobre la tubería) de al menos 0.60 m o el equivalente a un diámetro de tubo, lo que sea mayor, y una profundidad de al menos 0.90 m o un diámetro del tubo (el que sea mayor).

#### **5.3.2.7 Conexiones en “Caídas Adosadas”**

Se debe proveer soporte a la tubería que comúnmente se encuentre en las conexiones de servicio, bocas de limpieza y pozos de visita, para evitar el movimiento vertical o lateral. Se debe prevenir la transferencia directa del empuje provocado por las cargas superficiales y asentamientos, así como asegurar un soporte adecuado en los puntos de conexión a las líneas principales de tubería.

#### **5.3.2.8 Exposición del tubo para hacer conexiones a tomas domiciliarias**

Cuando se excava para hacer una conexión a una línea de servicios, se debe remover primero el material que se encuentra sobre la corona del tubo principal existente.

Antes de remover el material de los costados. Los materiales y la densidad del encamado de las tomas domiciliarias (previstas), deben cumplir con las especificaciones de las líneas existentes o con las de este manual, las que sean más estrictas.

**Nota:** Se requieren técnicas y consideraciones especiales de construcción cuando se instala más de un tubo en la misma zanja o en las zanjas adyacentes, para asegurar que se mantenga la integridad del relleno.

## 5.4 TUBERÍA DE CONCRETO

### 5.4.1 DESCARGA DE TUBERÍA

La descarga de tubería en la obra, se hará de manera distinta dependiendo del diámetro del tubo. Para la tubería de 0.15 m (6”) a 0.45 m (18”) de diámetro y no mayores a 1.50 m (60”) de longitud se recomienda de forma manual como se muestra en la Ilustración 5.53 para una descarga segura y práctica.

Las tuberías de diámetros de 0.30 m (12”) o mayores con longitud hasta 2.5 m, la descarga se recomienda hacerla con equipo mecánico adecuado, siempre y cuando las condiciones de la obra lo permitan (ver Ilustración 5.54 e Ilustración 5.55).

**Nota:** En caso de que el tubo tenga que ser desplazado por rodamiento, se recomienda que se

coloquen tablonces de madera, para guiar el tubo y éste no sufra daño en espiga o caja.

### *Estiba*

Para almacenar correctamente los tubos con campana o caja se colocarán polines para soportar el barril del tubo (ver Tabla 5.15).

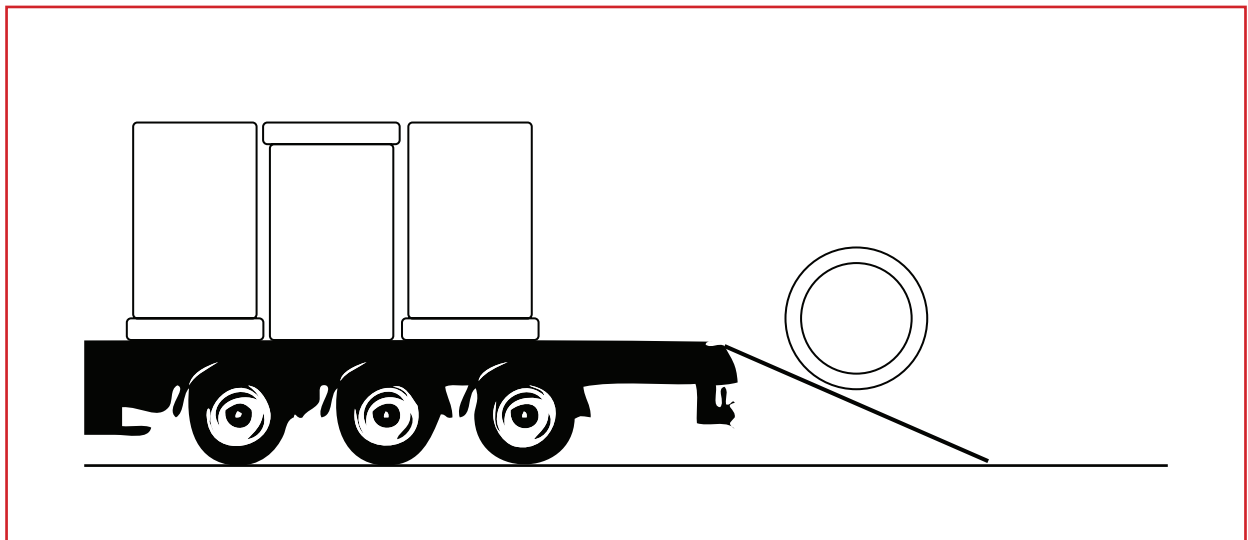
Tabla 5.15 Estiba de tubería en obra (recomendación).

Diámetro mm	Números de estiba máxima
150 – 380	4
450 – 900	2
1070 o mayores	1

### 5.4.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO

Las fuerzas de soporte requeridas por un tubo de concreto enterrado están determinadas por la carga total que es impuesta al tubo. La magnitud de la carga se ve afectada por la uniformidad y estabilidad del soporte que proporciona el suelo, así como por las condiciones alrededor y sobre el propio tubo.

Ilustración 5.53 Para descargar los tubos tendrán que rodarlos sobre polines de madera



La tubería que se instala en el subsuelo se denomina “tubería subterránea”, clasificándose en grupos y subgrupos, considerando para tal fin las condiciones de instalación que generará la carga en las paredes del tubo; existen dos clases principales:

- a) Instalación en zanja
- b) Instalación en terraplén

En la Tabla 5.16 se especifican las condiciones de instalación de la tubería de concreto cuando se implementa.

La instalación de tubería en terraplén, se divide además en: instalación en terraplén franco (proyección positiva), instalación en zanja terraplenada (proyección negativa) e instalación en zanja inducida. Las características de cada uno de los tipos de instalación descritos se indican en de la Ilustración 5.56 a la Ilustración 5.59.

Tabla 5.16 Anchos de zanja, plantilla y colchón mínimo

Diámetro normal mm	Ancho		Plantilla		Colchón mínimo	
	Concreto simple	Concreto reforzado	Concreto simple	Concreto reforzado	Concreto simple	Concreto reforzado
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
150	540		80		300	
200	600		80		300	
250	680		80		300	
300	760	800	80	80	300	300
380	910	910	80	80	300	300
450	1 020	1020	80	80	300	300
610	1 200	1 200	80	80	300	300
760		1 500		80		300
910		1 700		80		300
1 070		1 900		80		300
1 220				80		300
1 520				80		300
1 830				90		300
2 130				110		300
2 440				120		300
3 050				150		300

Ilustración 5.54 Accesorio (pinza) para maniobra (levantar) de tubería de diámetros mayores



Ilustración 5.55 Ejemplos de levante de tubería



#### 5.4.2.1 Zanja

Este tipo de instalación se utiliza en donde se coloca el tubo sobre una plantilla y su relleno de acuerdo a especificaciones del proyecto (ver Ilustración 5.56).

##### ***Tipo de zanja terraplenada***

Es cuando un tubo se coloca en una zanja y sobre de ella se desplantara un relleno que producirá un terraplén de mediana altura (ver Ilustración 5.57)

##### ***Terraplén***

Éstas son utilizadas cuando los taludes son muy pronunciados, se recomienda extender el material en capas de espesor suficientemente uniforme y compactarlos a su vez (ver Ilustración 5.58).

##### ***Zanja Inducida***

Cuando el material del terraplén se ha colocado sobre el lomo de tubo a una altura dos o tres veces el diámetro de éste, se procede a excavar una zanja sobre él, la cual se rellenará con material compresible con menor peso específico. Esta acción reduce significativamente la carga actuante incidente en el tubo (ver Ilustración 5.59).

Ilustración 5.56 Zanja

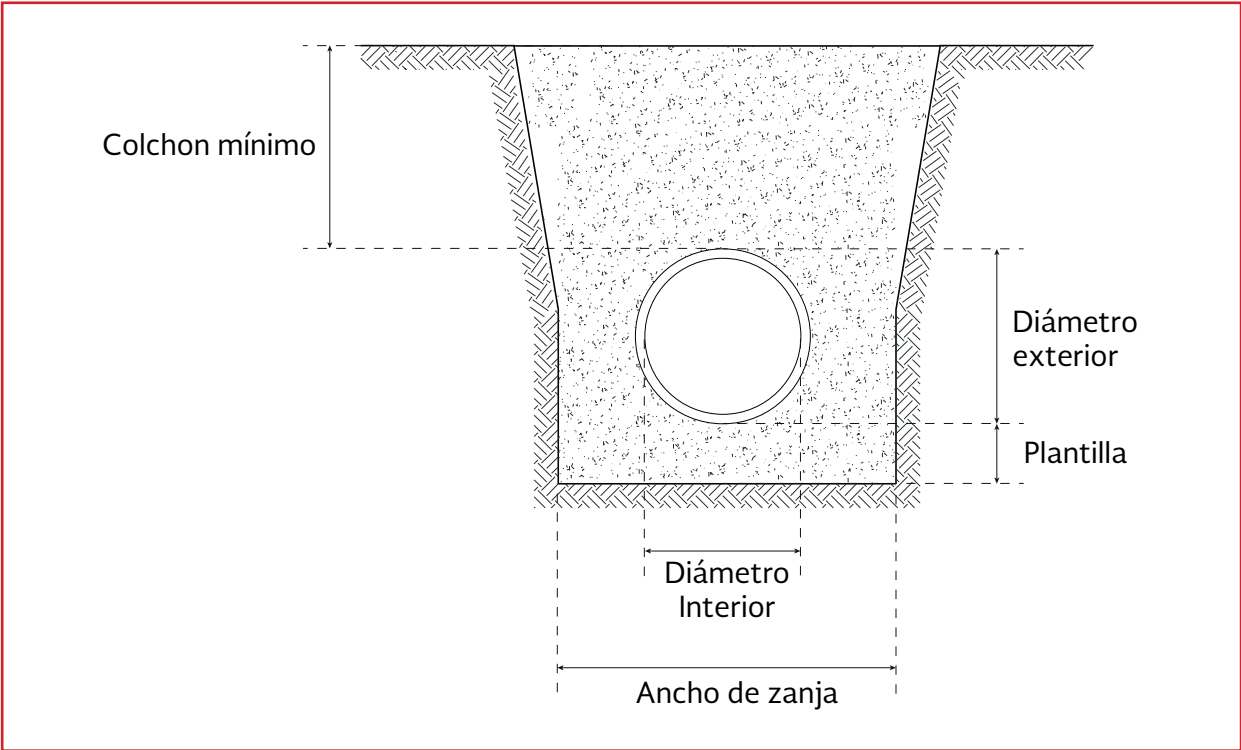


Ilustración 5.57 Zanja terraplénada

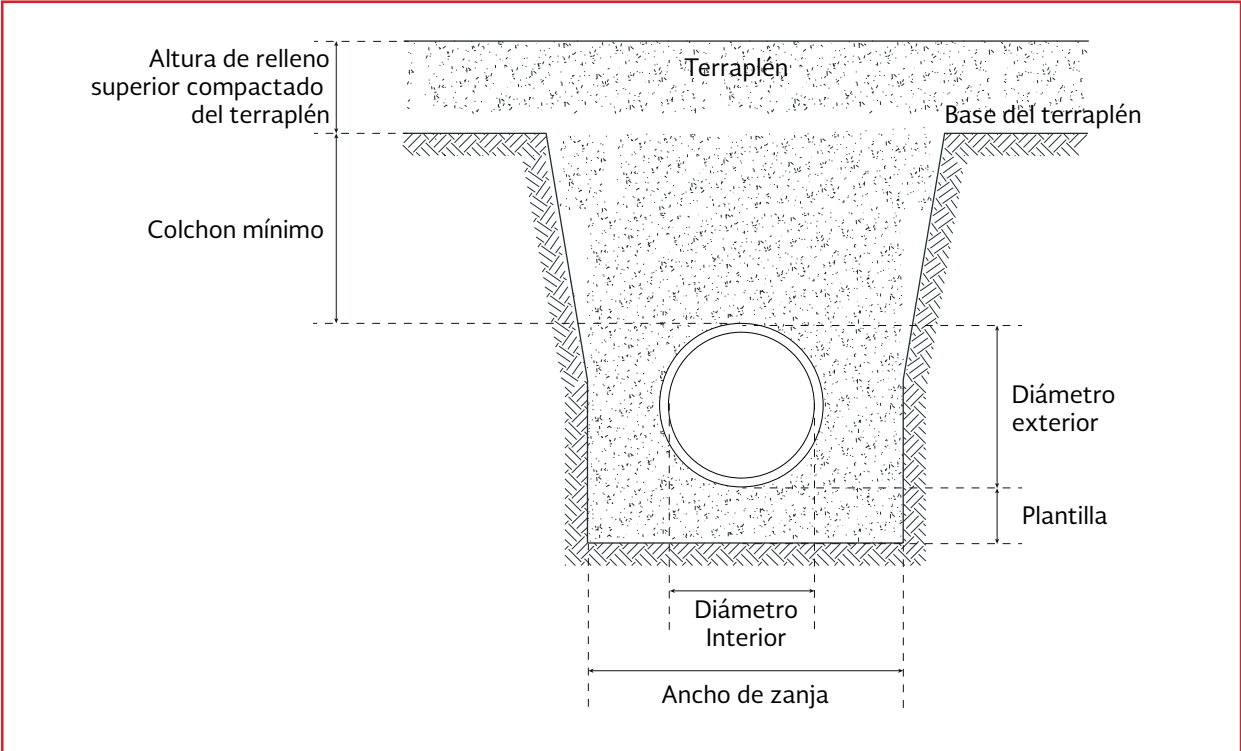


Ilustración 5.58 Terraplén

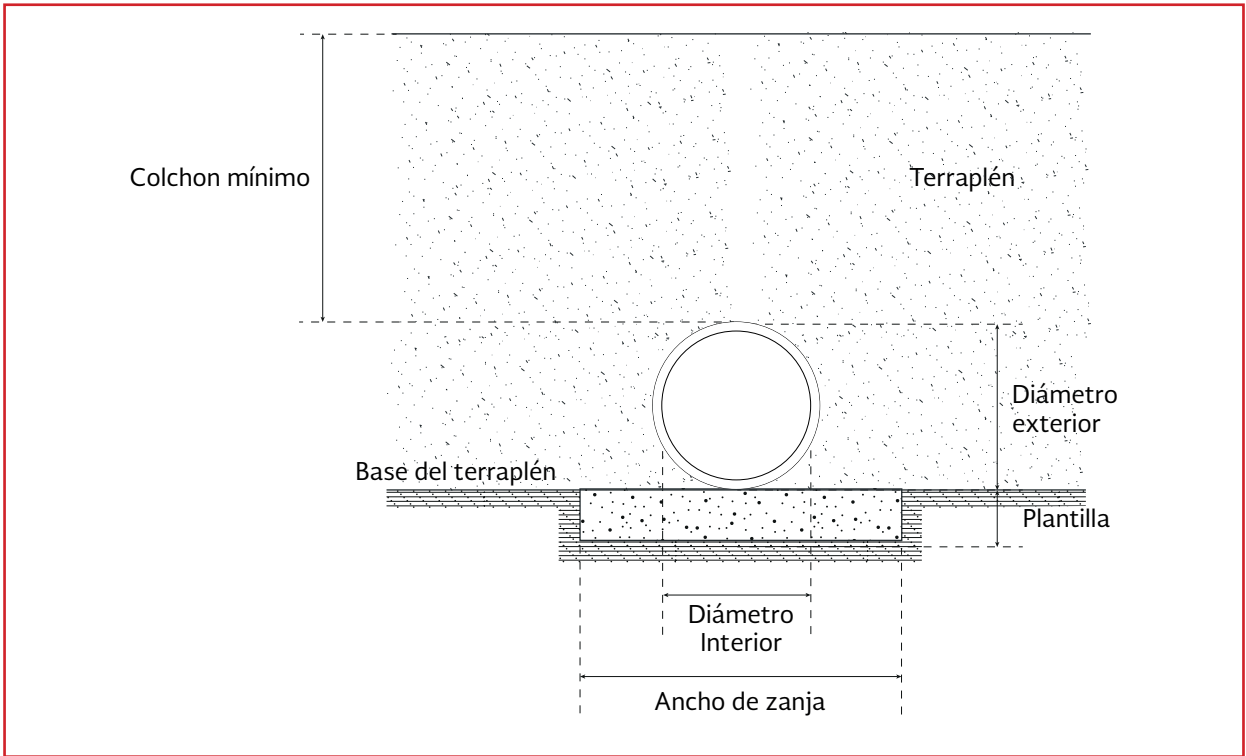
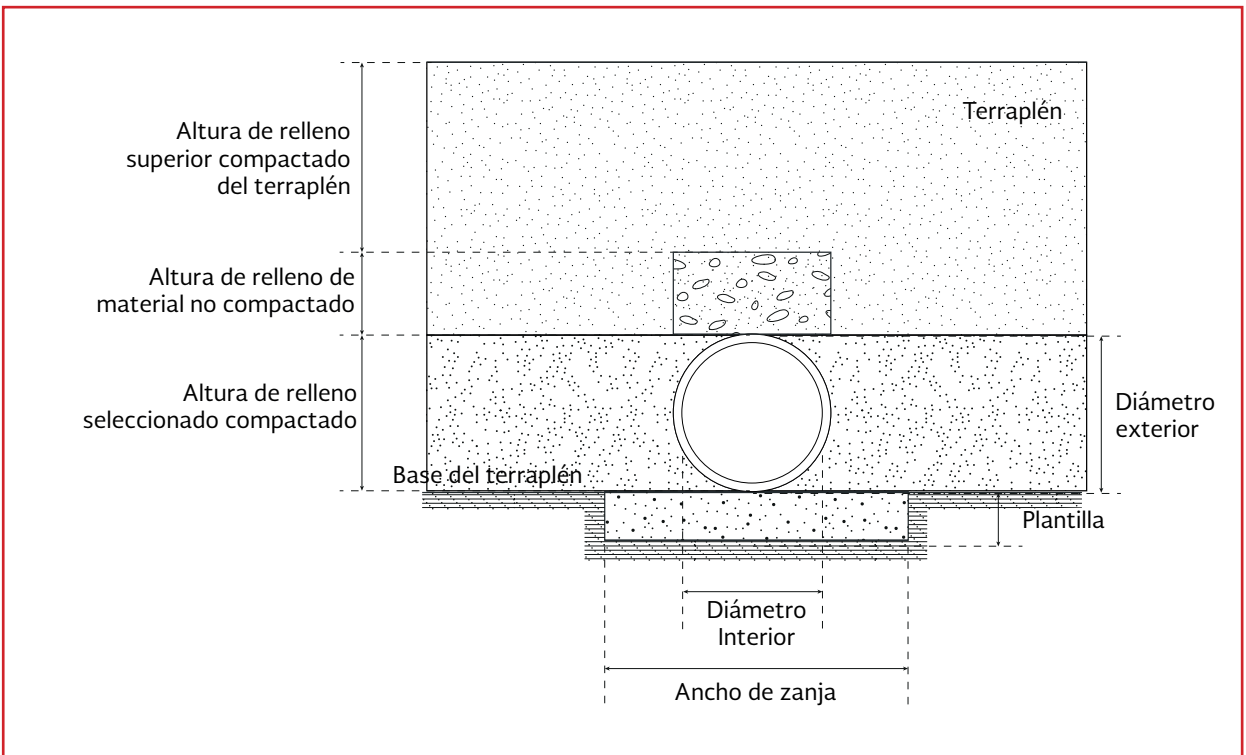


Ilustración 5.59 Zanja inducida



### 5.4.3 INSTALACIÓN DE TUBERÍA MÚLTIPLE INDUCIDA

Una instalación de múltiples tubos consiste en la colocación de dos o más, en condiciones de una sola zanja o terraplén. Este procedimiento de instalación es comúnmente utilizado en donde los requisitos restrictivos impiden el uso de un único tubo de diámetro mayor, o donde se instala un alcantarillado sanitario y un pluvial en la misma zanja a diferentes elevaciones.

#### 5.4.3.1 Zanja plana

En la mayoría de los casos, es más práctico instalar múltiples tubos en una zanja ancha única, en vez de utilizar una zanja para cada línea. Ya que la tubería múltiple se emplea generalmente cuando existen condiciones restrictivas (poco profundas) y la zanja es extraordinariamente amplia, la instalación de terraplén con saliente positiva representa con mayor similitud la carga real sobre los tubos y se utilizará para el análisis de esta condición de diseño. 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 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.

Cuando se utilizan secciones de los extremos

precoladas en múltiples líneas de pasos de agua (alcantarillas), el espacio deberá tener la capacidad para alojar el ancho de las secciones del extremo.

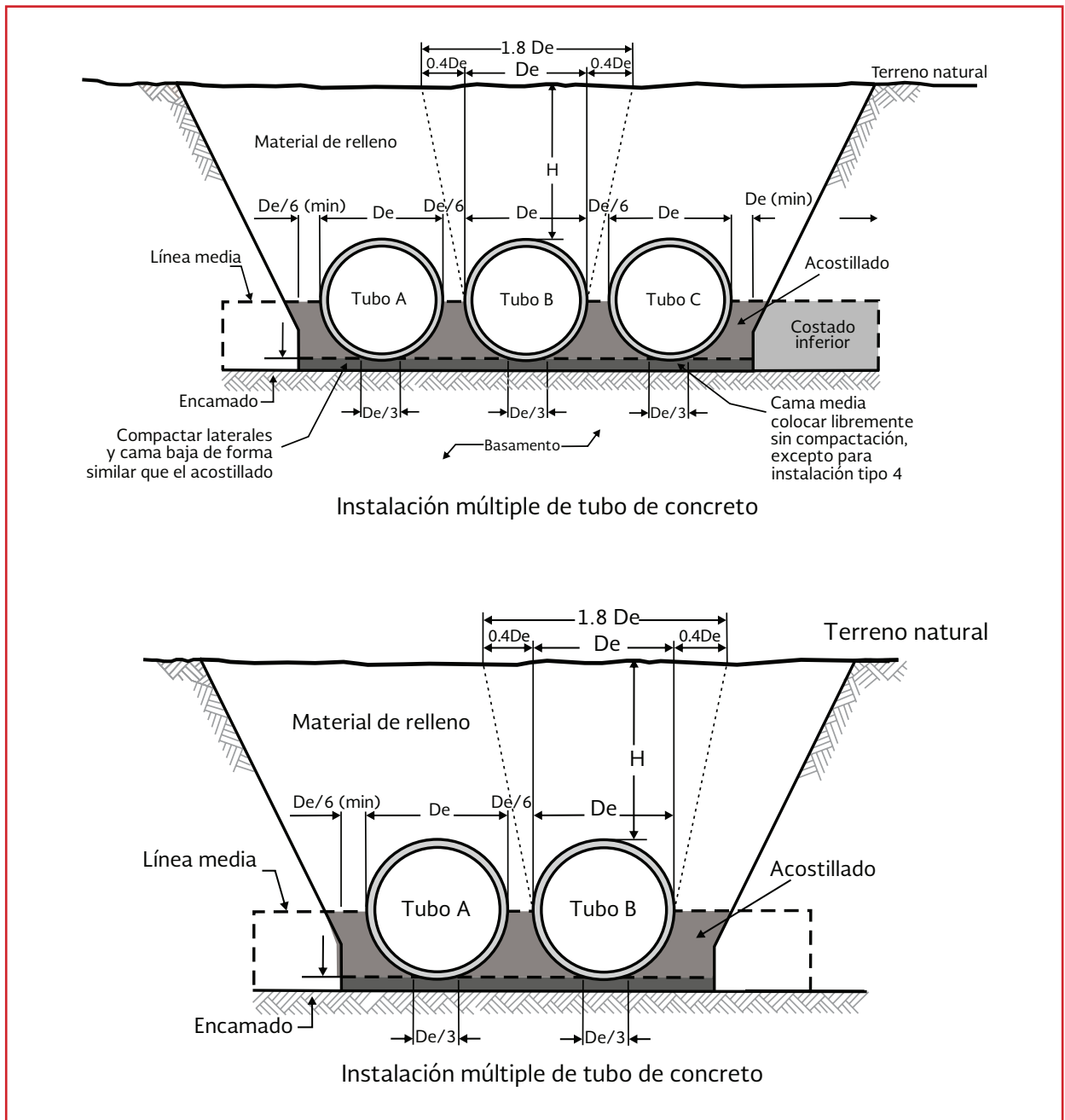
La tercera parte de en medio del área de encamado bajo cada tubería es un encamado suelto colocado sin compactar. La intención es mantener un encamado ligeramente blando para que el tubo se asiente en el encamado y se logre una distribución de cargas óptima. La secuencia óptima de construcción es colocar el encamado compactado al grado especificado, instalar el tubo, colocar el relleno compactado arriba de la parte media del tubo, y revisar; y posteriormente colocar y compactar la zona de los costados hasta la línea central 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  $D_o/6$ . La selección de la resistencia del tubo con el método de diseño indirecto 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 (ver Ilustración 5.60).

### 5.4.4 HINCADO

Es la instalación de tubería de concreto por medio de empuje axial a través del microtuneleo, sin la necesidad de abrir zanja. Cuando se realizan cruces bajo carretera, ferrocarril, pistas de aeropuerto y en general pasos de difícil ejecución en los que no sea posible la realización de una zanja a cielo abierto sin generar afectaciones, se utili-

Ilustración 5.60 Instalación múltiple



zarán tubos para hincar; también se utilizarán en aquellos otros casos en los que por la profundidad de la zanja o la dificultad de ejecución, resulte económicamente ventajosa la adopción del siguiente procedimiento (ver Ilustración 5.61 e Ilustración 5.62)

#### 5.4.4.1 Procedimiento de hincado

El procedimiento usual para utilizar el hincado con el 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. Cuan-



Ilustración 5.61 Hincado de tubería en obra



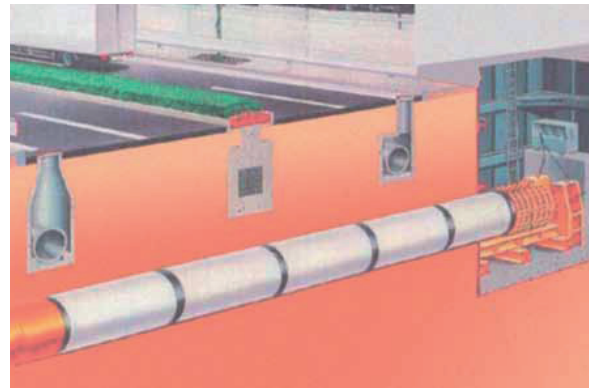
do se utiliza una máquina de perforación, el extremo posterior de esta máquina se adapta al tubo en el que se usa el hincado.

Al añadir tramos sucesivos de tubo entre el primer tubo y el hincado, y el tubo es empujado por medio de gatos hidráulicos hacia 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.

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 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 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.

Ilustración 5.62 Ejemplo de construcción hincado de tubería



#### 5.4.4.2 Tubería de concreto reforzado para hincado con pared a medio espesor

Es la tubería con tipo de unión caja-espiga con junta hermética, que lleva en el extremo de la caja un refuerzo de placa de acero de espesor de 3.1 mm y un ancho de 30 mm llamado “virola”, colocado en el perímetro exterior del tubo sobre la hembra, mismo que va anclado firmemente al refuerzo circular del tubo.

La virola no debe estar sobrepuesta y debe ser paralela al perímetro exterior del tubo. Cabe señalar que debe llevar un refuerzo especial (estribos), para resistir los esfuerzos cortantes en el momento del empuje en la espiga del tubo, manteniendo una cobertura de concreto definida por el fabricante.

Las uniones de los tubos deben hacerse mediante la unión de la virola exterior con la espiga del tubo, sellando herméticamente con un anillo de hule que queda entre la virola y espiga.

#### **Graseras**

El tubo puede llevar una o más graseras que son perforaciones que se realizan en el cuerpo del tubo que van de 25.4 mm a 101.6 mm (1” a 4”)

de diámetro, para la inyección de bentonita principalmente. A solicitud del contratista, pueden tener adaptado un tubo de acero o cople con cuerda hacia el interior para la colocación de las mangueras de inyección. El tamaño y la ubicación de ellas deben ser definidos en el diseño del proyecto.

#### 5.4.4.3 Tubería de concreto reforzado para hincado de pared a todo espesor

Es la tubería con tipo de unión virola-espiga cuya función es aprovechar el mayor espesor de la tubería posible como área de contacto o de empuje, lleva un refuerzo de placa de acero con un espesor mínimo de 9.5 mm y un máximo de 12 mm, y un ancho mínimo de 220 mm y un máximo de 300 mm llamado virola, colocado en el perímetro exterior, haciendo la función de la caja del tubo, misma que va anclada al refuerzo circular del tubo.

Cabe señalar que debe llevar un refuerzo especial (estribos) o mayor área de acero en la espiga para resistir los esfuerzos cortantes en el momento del empuje.

Este tipo de tubo tiene mayor capacidad para soportar los esfuerzos de compresión longitudinal, en comparación con el espesor medio, por tal motivo el proyecto requiere un menor número de estaciones de gateo intermedias o se puede instalar una mayor longitud continua de hincado (ver Ilustración 5.61 e Ilustración 5.62).

### 5.4.5 INSTALACIÓN

#### 5.4.5.1 El Manejo de la Tubería

El contratista o instalador deberá verificar que el equipo con el que pretende manipular la tubería, tenga la capacidad suficiente para soportar el peso

del tubo a instalar, (se sugiere solicitar al fabricante los pesos y dimensiones de la tubería a utilizar).

Cuando el cliente requiera orificio de maniobra en la tubería, debe solicitarlo al fabricante con anticipación para que sea hecha en el proceso de fabricación y así evitar daños estructurales en el tubo (el sellado hermético del orificio de maniobra es responsabilidad del instalador o contratista) (ver Ilustración 5.63, Ilustración 5.64, Ilustración 5.65 e Ilustración 5.66).

#### 5.4.5.2 Colocación de la junta hermética

Para la preparación de las extremidades de los tubos se sigue una serie de pasos que a continuación describimos conjuntamente con la colocación de la junta hermética en la espiga para su posterior instalación.

- a) Verifique que tanto espiga y campana este limpio de polvo, rebabas, terrones de arcilla o cualquier otro material extraño a la tubería
- b) Verificar con el fabricante el tipo de empaque del producto a instalar. Cuando se requiera lubricar la superficie interior de campana, espiga o empaque, se debe contar con un producto recomendado por el fabricante, antes de ser instalado.
- c) Limpie cuidadosamente el enchufe espiga especialmente en la zona de alojamiento de la junta, colocar la junta de hule en la espiga, y colocarla de acuerdo a la recomendación del fabricante
- d) Realizar el ajuste de la junta de hule con un desarmador u otro tipo de herramienta que facilite esta operación, en toda la circunferencia por lo menos dos veces, con el propósito de estabilizar la tensión del empaque

Ilustración 5.63 Eslinga Materiales Clase IA



Ilustración 5.65 Con orificio de maniobra



Ilustración 5.64 Pinza (de maniobra)



Ilustración 5.66 Estrobo de acero



e) Alinear concéntricamente la campana y espiga de los tubos que van a ser unidos, comprobar que la junta de hule hace contacto uniforme con la zona interior de la campana, en el perímetro de toda la circunferencia (ver Ilustración 5.67)

#### 5.4.5.3 Ensamble de tubería con junta hermética

Se deberá de consultar con el fabricante del tubo, la necesidad o no de lubricar el anillo, la campana o los dos. Dentro de las juntas de hule más comúnmente utilizadas se encuentran las siguientes:

- a) "O" ring, con lubricante
- b) De gota, es junta sin lubricante
- c) De cuña u Off-set, con lubricante.
- d) Arpón, con lubricante

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 (ver Ilustración 5.68).

En tubos medianos (0.61 m a 1.22 m), 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 tablón atravesado. Por fuerza mecánica la junta es llevada a posición de unión (ver Ilustración 5.69).

En tubos de 1.52 m a 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 junta es llevada a la posición de unión (ver Ilustración 5.70).

Ilustración 5.67 Colocación de la junta

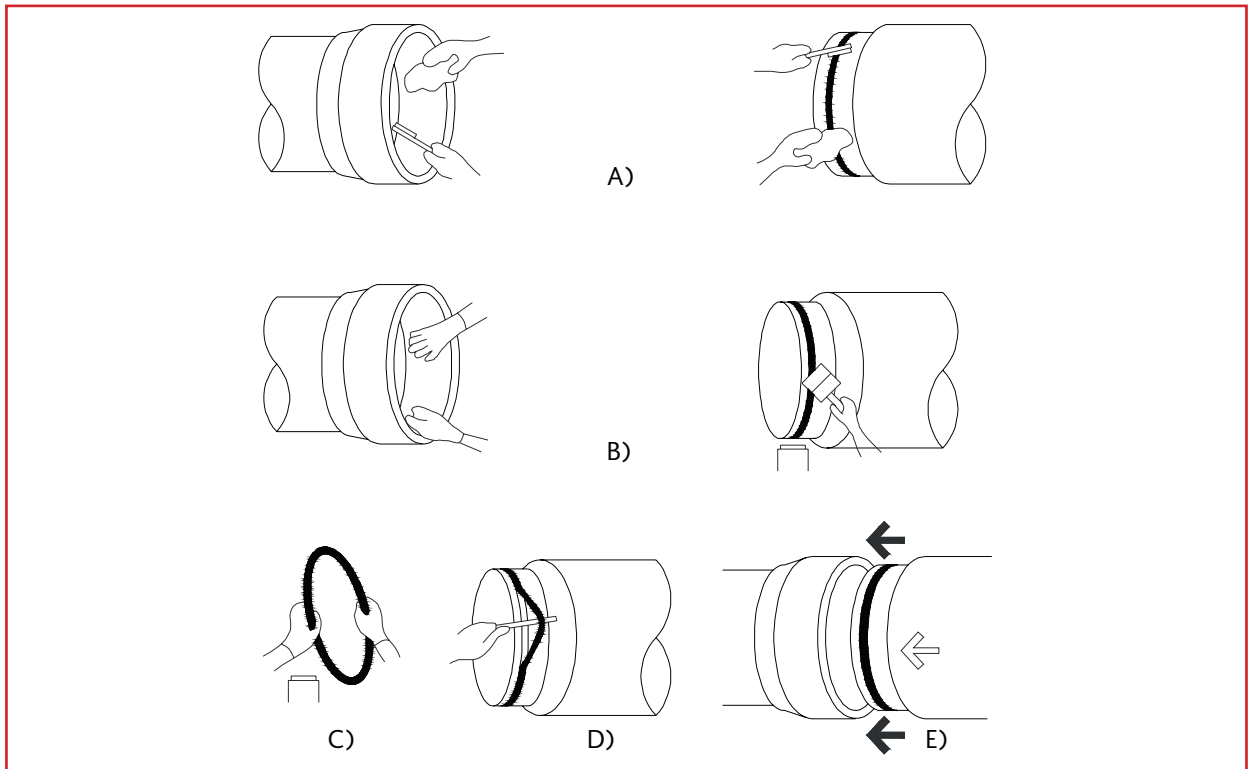


Ilustración 5.68 Ensamble manual

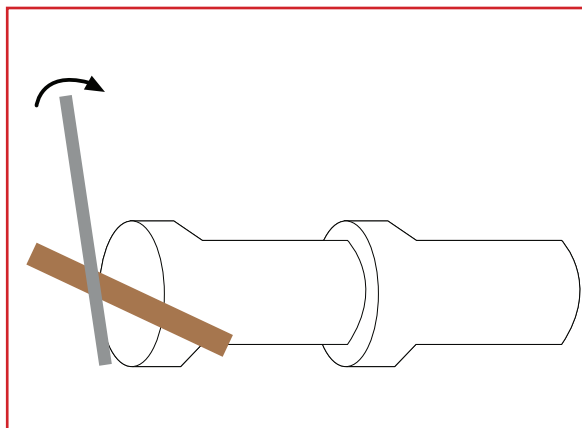


Ilustración 5.69 Ensamble manual

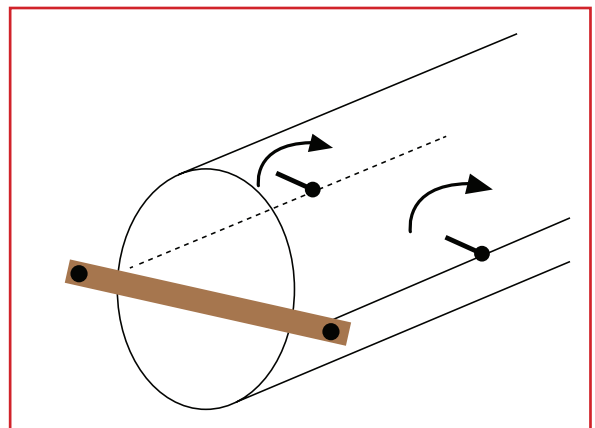
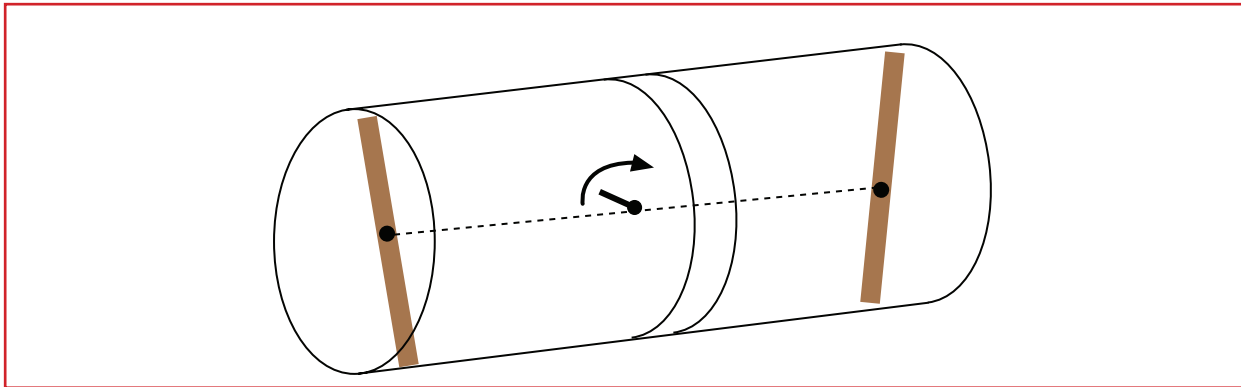


Ilustración 5.70 Ensamble mecánico



- a) Instalación del tubo grande con empuje de gato hidráulico (ver Ilustración 5.71)
- b) Instalación del tubo con maquinaria y estrobo (ver Ilustración 5.72)
- c) Instalación del tubo con empuje directo de pala mecánica y polín de madera entre el tubo y la pala

En todos los tipos de instalación recomendados anteriormente, se deberá cuidar que el acoplamiento quede alineado y revisar que el empaque este colocado apropiadamente. Al igual que el nivel y la pendiente sean acordes al proyecto.

**Nota:** Es importante mencionar que en el ensamble, se debe dejar entre tubo y tubo una separación recomendada por el fabricante, para permitir una flexión en las uniones, en caso de asentamientos o movimientos del suelo, como se muestra en la Ilustración 5.73.

Es muy importante en la construcción de una cama nivelada y bien compactada (no dejar ningún borde sobre la cama que evite que el tubo apoye perfectamente).

Ilustración 5.71 Palanca mecánica y polín

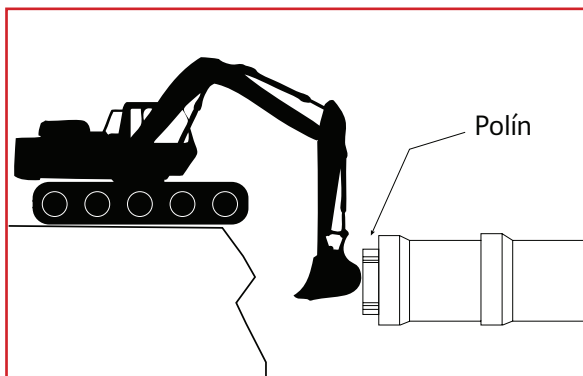
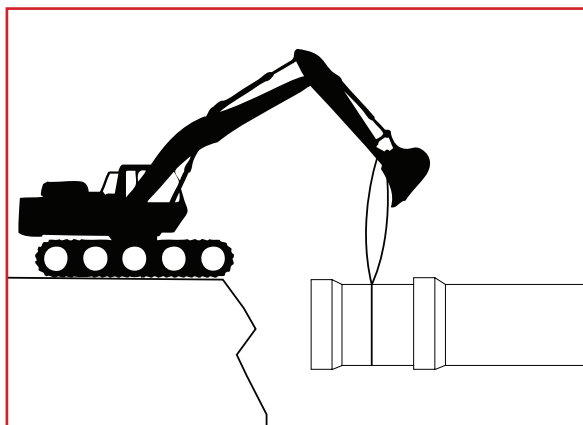


Ilustración 5.72 Maquinaria y estrobo



#### 5.4.5.4 Alineamiento

Teniendo colocada la junta correctamente en la espiga del tubo que se va ensamblar se baja a la cepa y se alinea. Dicho tubo se acerca a que roce la junta de hule con la orilla de la campana del tubo colocado en la cepa, cuidando que haya entrado pareja la junta como se muestra en las Ilustración 5.74 e Ilustración 5.75.

Ilustración 5.73 Separación recomendada

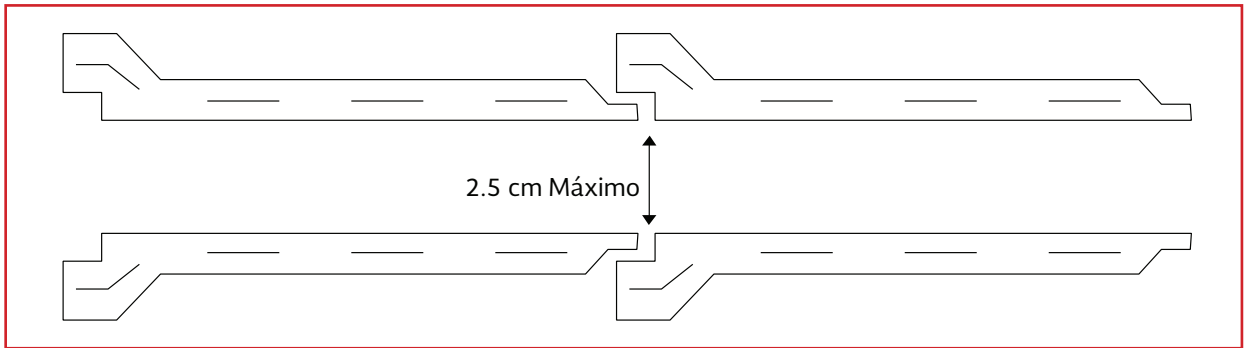


Ilustración 5.74 Abrir caja donde apoya la campo, para que apoye el barril del tubo

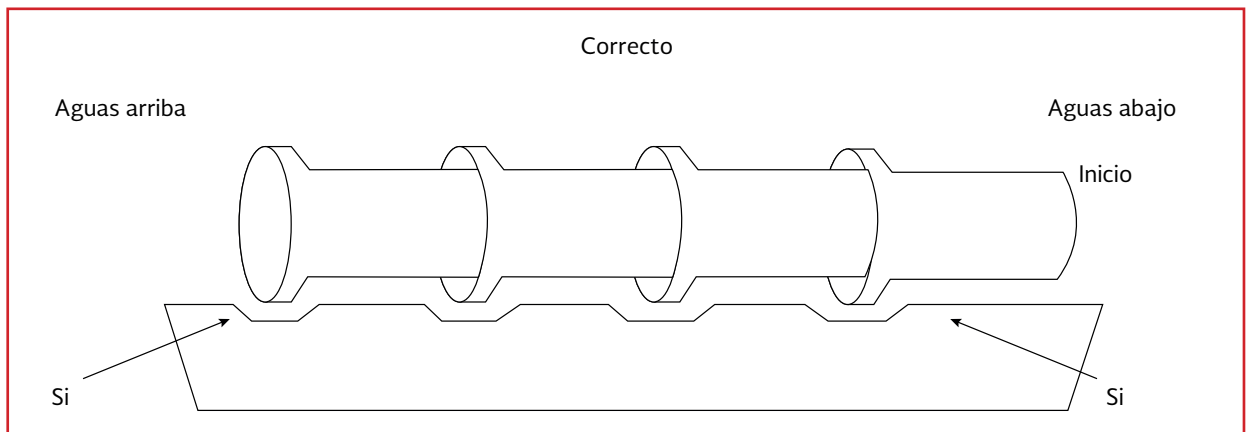
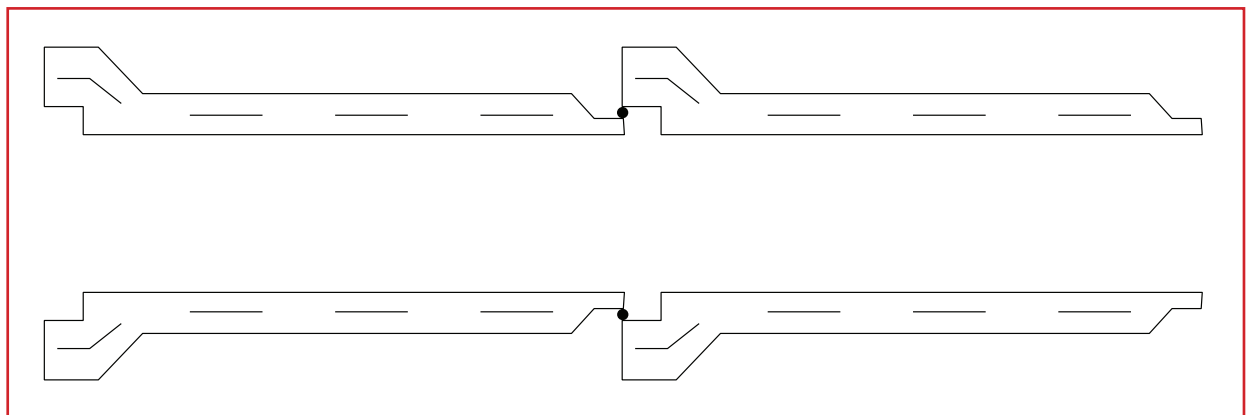


Ilustración 5.75 Posición correcta el roce parejo de la junta de hule en toda la periferia de la campana



## 5.4.6 INSPECCIÓN

### 5.4.6.1 Prueba de Hidrostática

La realización de prueba hidrostática en campo, debe ser de acuerdo con la NOM-001-CONAGUA-2011.

### 5.4.6.2 Inspección visual

Se puede acceder a inspeccionar al interior de los tubos de mayor tamaño mientras que los tubos más pequeños se deberán inspeccionar visualmente desde cada pozo de visita o por medio de una cámara de TV. La siguiente lista de verificación se debe utilizar en la inspección visual total de un proyecto de alcantarilla o paso de agua:

- a) Escombros y obstrucciones
- b) Grietas excesivas
- c) Uniones debidamente selladas
- d) El inverso liso y libre de hundimientos o elevaciones
- e) Los extremos debidamente lechados y conectados
- f) Los acoples, las desviaciones y conexiones debidamente realizadas
- g) Bocas de tormenta y tubos de admisión debidamente conectados
- h) Los marcos del pozo de visita, brocales y sus tapas debidamente instaladas
- i) Restauración de la superficie y otros elementos relativos a la construcción debidamente terminados

### 5.4.6.3 Prueba de aire

La prueba de aire a baja presión llevada a cabo de acuerdo con ASTM C924 es una prueba que determina la velocidad a la cual el aire bajo presión

escapa de una sección aislada de la alcantarilla. La velocidad de pérdida de aire se utiliza para indicar la presencia o ausencia de daños en el tubo y si las uniones han sido o no debidamente instaladas. Esta prueba no tiene el objetivo de indicar los límites de filtración de agua ya que no se ha encontrado correlación alguna entre la pérdida de aire y la filtración del agua. La sección del tubo con el que se realizará la prueba es conectada a cada extremo con unos tapones inflables. Los extremos de todos las líneas laterales, conexiones y accesorios que se incluyen en la prueba deberán ser taponeados para prevenir el flujo de aire, y muy bien reforzados para prevenir un estallido debido a la presión interna del aire.

Uno de los tapones deberá contar con una llave de entrada, o algún otro elemento para conectar una manguera a una fuente portátil de control de aire. El equipo de aire deberá de consistir en las válvulas e indicadores de presión para controlar la velocidad a la cual el aire fluye a la sección de prueba y debe de permitir el monitoreo de la presión de aire dentro de la sección de prueba.

El aire se añade a la sección de prueba hasta que la presión interna del aire se eleve a un nivel especificado y se estabilice con la temperatura de las paredes del tubo. La prueba se lleva a cabo por el método de caída de presión, por medio del cual, el suministro de aire se desconecta y se determina con un cronómetro el tiempo requerido para que la presión baje a cierto nivel. Este intervalo de tiempo luego se utiliza para calcular la velocidad de pérdida de aire. Se deberá tener precaución y entender diversos factores importantes al aplicar esta prueba del aire a baja presión en alcantarillado sanitario que será utilizado para llevar fluidos bajo condiciones de gravedad.

La prueba de aire tiene el propósito de detectar los defectos en la construcción, del tubo y daños en las uniones y no tiene el objetivo de medir la infiltración o exfiltración bajo condiciones de servicio ya que no se ha encontrado correlación entre la pérdida de aire y las fugas de agua (ver Ilustración 5.76).

Los criterios de la prueba de aire están actualmente limitados a tubos de concreto con un diámetro de 0.60 m (24") y menores por la ASTM C924M (C 924). Las conexiones se deberán reforzar firmemente para prevenir la liberación accidental de un tapón que podría convertirse en un proyectil de alta velocidad. Los tapones no se deberán de remover hasta que toda la presión del aire se haya sido liberada en la sección de prueba.

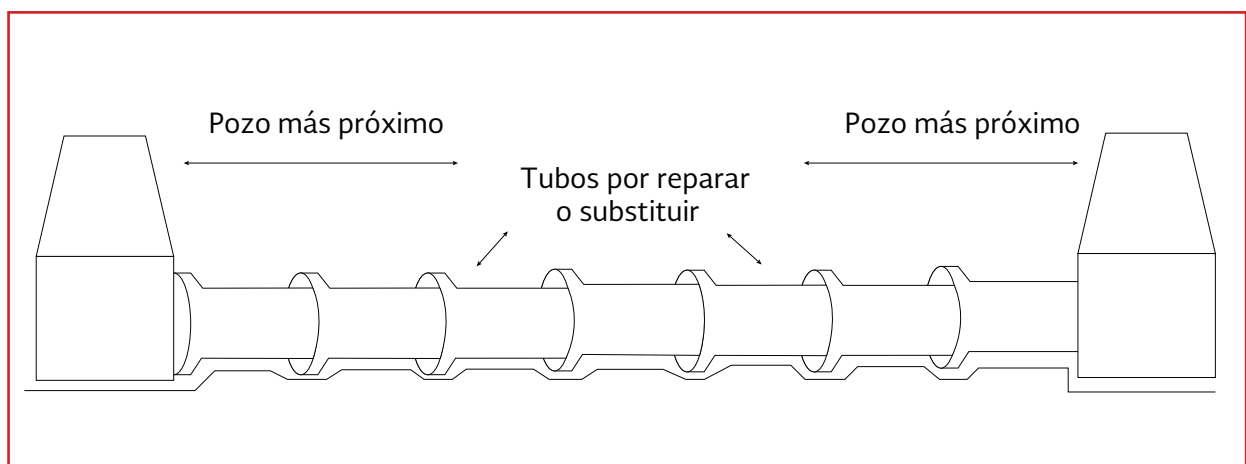
Por razones de seguridad, no se deberá permitir el paso de ninguna persona en la zanja o al pozo de visita mientras la prueba se lleva a cabo.

#### 5.4.6.4 Prueba al vacío

La prueba al vacío (presión negativa de aire) está regida por ASTM C 1214 (C 1214M) para tubo y C 1244 (C1244M) para pozos de visita. Esta prueba consiste en remover el aire del tubo a una presión específica menor que la atmosférica. La habilidad para mantener el vacío o una lenta caída indica un tubo aceptable. Esta prueba no es cuantitativa pero ofrece una forma de llevar a cabo una prueba económica de muestras grandes. Otros beneficios incluyen la seguridad y economía inherente de los sistemas al vacío sobre los sistemas presurizados.

Este método de pruebas cubre diámetros de alcantarillado con tubo de concreto circular de un diámetro de 0.10 a 0.90 m (4 a 36 pulgadas) utilizando uniones con empaques de hule y puede realizarse en campo o en la planta como una prueba preliminar. Los extremos de todas las líneas laterales, conexiones y accesorios se deberán tapar para prevenir la fuga de aire.

Ilustración 5.76 Tubo a reparar





El aire se extrae del tubo hasta alcanzar una presión negativa específica. Se registra la caída del vacío durante la prueba. Se calcula la pérdida del vacío en metros cúbicos por segundo (pies cúbicos por minuto) y se compara con los valores permitidos.

#### 5.4.6.5 Prueba de las uniones con aire

La prueba de las uniones de acuerdo con ASTM C 1103 puede realizarse en líneas de alcantarillado de tubo de concreto, utilizando ya sea aire o agua a baja presión para demostrar la integridad de la unión y los procedimientos de construcción. Cuando se usa aire o agua, se cubre por dentro la unión a probar con un anillo con dos tubos selladores en los dos extremos. Antes de esto, la superficie interior de unión del tubo deberá limpiarse y humedecerse. El aparato de pruebas de unión se coloca dentro del tubo con los tapones sellando hacia ambos extremos de la unión. Se inflan los tapones selladores con aire conforme a las recomendaciones del equipo y del fabricante.

Para la prueba de uniones con aire, el volumen vacío deberá presurizarse a una presión específica mayor que la presión ejercida por el agua subterránea arriba del tubo. Se debe permitir que la presión y la temperatura se estabilicen, y después se corta el suministro de aire y se empieza con la prueba. La presión deberá disminuir menos que la disminución de presión especificada permitida. Si la unión falla, esta puede ser reparada y sometida de nuevo a la prueba.

Cuando se lleva a cabo la prueba de uniones con agua, la llave de purga deberá estar ubicada justo en la parte superior central del tubo. El agua se deberá introducir en el volumen vacío hasta que el agua fluya continuamente de la llave de

purga abierta. Cierre la llave de purga y presurice el vacío a una presión específica mayor que la presión del agua subterránea.

Corte el suministro de agua. La presión debe de caer menos que la caída de presión permitida especificada. Si la unión falla, esta puede ser reparada y sometida de nuevo a la prueba.

#### 5.4.6.6 Prueba de las uniones con agua

No es normalmente muy práctico el realizar pruebas de exfiltración sobre tubos grandes debido a la cantidad considerable de agua requerida. Si el tubo es lo suficientemente grande como para ser visitado en el interior, se puede inspeccionar visualmente cada junta individual, y si es necesario, se puede realizar una prueba de exfiltración de agua por medio de un aparato de pruebas especialmente diseñado para este propósito. En este procedimiento, la unión se aísla con un escudo expansivo equipado con juntas que se adhieren con fuerza a las paredes del tubo a cada lado de la unión que se va a probar. Con los tapones adecuados, se introduce agua en el espacio anular aislado por el escudo y se mide la exfiltración. El límite de exfiltración permitida para las uniones individuales es la que se ocurriría en base a la filtración permitida de agua para una sección del tubo.

## 5.5 TUBERÍA DE ACERO AL CARBONO

### 5.5.1 TRANSPORTE Y MANEJO

La tubería de acero con protección mecánica (recubrimiento anticorrosivo) son transportadas generalmente por camiones, ferrocarriles o

barcos, y los requerimientos para estibar y restringir la tubería durante el tránsito dependen del modo de transporte.

### ***Camión***

La mayoría de las tuberías de acero con recubrimiento anticorrosivo aplicado en planta es transportada directamente al sitio de instalación en tracto camiones equipados con plataforma. Para el transporte en camiones, los tubos deberán ser colocados sobre entablados previamente instalados en las plataformas de los camiones, para lo cual se emplearán materiales que sirvan de amortiguadores en las superficies de contacto de los tubos. Todos los cables, cadenas y demás elementos que se utilicen para asegurar los tubos en su posición correcta, deberán estar forrados de materiales adecuados para evitar que se pueda dañar el recubrimiento anticorrosivo o la superficie del tubo.

En tubos de gran diámetro (1.143 m y mayores) se recomienda el empleo de camas formadas por sales de arena.

### ***Ferrocarril***

Cuando el transporte se efectúe en ferrocarril, todos los tubos deberán ser cuidadosamente estibados en los carros o góndolas, intercalando camas de material que amortigüe entre cada cama de tubos, y entre tubo y tubo de cada cama. La tubería será firmemente sujeta por medio de travesaños, cables, a otros elementos que impidan su movimiento durante el transporte. Todas las superficies de contacto y de carga entre la tubería y las partes de la caja o furgón deberán ser cubiertas con materiales que sirvan de amortiguadores. Así mismo, se tomarán las medidas pertinentes para que cada tramo de tubo quede

separado de su inmediato, a fin de evitar que se dañen mutuamente.

### ***Barco***

En el transporte por barco, se sugiere que las tuberías pequeñas (1.066 m y menores) deben empacarse y las grandes (1.143 m y mayores) estibarse, de tal manera que absorban la vibración y el movimiento de rodado. Además se emplearán colchones de madera adecuados o barreras similares para evitar que los tubos se rocen entre sí. El inspector responsable de revisar los arreglos de la carga, debe asegurarse que el equipo de manejo, tanto en el muelle como en el barco esté aprobado para su tubería con recubrimiento anticorrosivo; es posible considerar la factibilidad de introducir tubería de diámetro menor en tubería de diámetro mayor para reducir los costes del flete, sin embargo, deberán utilizarse colchones para asegurar que se mantenga la integridad del recubrimiento.

### ***Helicóptero***

En casos especiales, cuando el sitio de instalación sea inaccesible y se trate de tubería menor de 0.61 m de diámetro, puede requerirse de un helicóptero para su transportación, en tal caso, debe haber comunicación con la aerolínea para conocer la longitud máxima, ancho, altura y limitaciones de peso para la trayectoria seleccionada.

#### **5.5.1.1 Carga y descarga**

En la maniobra de carga y descarga de los tubos se deberá emplear equipo adecuado, para evitar el contacto directo entre las superficies de los tubos y partes metálicas del equipo. Deben utilizarse correas de nylon, lonas, bandas y horquillas acolchonadas, así como patinas diseñadas

para prevenir daños al recubrimiento anticorrosivo. Las cadenas y cables deberán estar forrados con materiales apropiados, a fin de evitar los deterioros mencionados. Mientras los tubos se encuentren suspendidos en la maniobra de carga y descarga, se inspeccionará que no existan daños en la parte inferior de los mismos.

### **Descarga a lo largo de derecho de vía**

Los tubos deberán ser colocados paralelamente a lo largo de las zanjas o excavaciones en las que después serán instaladas. Si el terreno es rocoso existe riesgo de daño al recubrimiento anticorrosivo, ambos extremos (aproximadamente a un cuarto de los mismos) deberán apoyarse en bloques de madera acolchados, sales de arena, montículos de arena a otro tipo de soporte que proteja el recubrimiento de la tubería.

## 5.5.2 ZANJADO

### **Profundidad**

Por lo general la tubería es enterrada para protegerla de golpes y cargas pesadas o concentradas que pueda dañarla, así como para evitar la flotación, ya que al presentarse la lluvia, ésta podría flotar en caso de encontrarse en el fondo de la zanja y sin relleno. Al estar la tubería enterrada, las cargas exteriores resultan uniformemente distribuidas, por lo que es recomendable que el relleno tenga una altura mínima de 0.90 m a partir del lomo del tubo, si el diámetro es menor o igual a 0.90 m. Para diámetros mayores la altura debe ser de 1.0 a 1.5 m, y se revisará que las cargas aplicadas a la tubería no afecten al tubo.

### **Ancho**

Para facilitar el trabajo durante la instalación de la tubería, la excavación se hace de un ancho “B” mayor que el diámetro exterior del tubo, incluyendo protección mecánica.

$$B = \frac{4}{3}d_e + 400 \quad \text{Ecuación 4.3}$$

donde:

$B$  = Ancho de la zanja, mm

$d_e$  = Diámetro nominal del tubo, mm

## 5.5.3 CAMA Y RELLENO DE ZANJA

### **Cama**

El fondo de la zanja no deberá tener irregularidades ni objetos que generen concentración de esfuerzos, ya que debe permitir un apoyo uniforme sin forzamientos ni dobleces mecánicos de la tubería. Las zanjas con el fondo plano deben excavarse a una profundidad mínima de 0.50 m abajo de la línea establecida para el fondo.

El exceso de excavación en donde se han removido todas las piedras y terrones duros debe llenarse con material suelto. El material suelto debe acomodarse uniformemente en toda la longitud de la tubería. Cuando el fondo de la zanja contenga objetos duros, sólidos, que puedan dañar el recubrimiento protector, se colocará bajo la tubería una cama de 0.08 m a 0.15 m de espesor de arena.

Si la excavación se realiza en material rocoso, deberá tener por lo menos una profundidad adicional de 0.15 m. La sobre excavación deberá reemplazarse por dos capas; la primera de 0.10 m con una plantilla de grava y la segunda, donde apoyará la tubería, de 0.05 m con material suelto.

### **Relleno**

Después de que se han instalado en la zanja la tubería, conexiones, válvulas y otros aditamentos y se hayan inspeccionado debidamente, ésta se rellenará a volteo con material seleccionado, esto es, un relleno que se encuentre exento de rocas y piedras grandes para evitar daños a la tubería y/o recubrimiento anticorrosivo. El material de relleno podrá ser el material excavado. Las juntas se deben dejar expuestas hasta que se hayan concluido las pruebas de presión y de fugas. En calles y otros lugares donde no es recomendable el asentamiento, se debe consolidar el relleno por compactación, la cual se debe realizar en capas no mayores de 0.15 metros.

**Nota:** Se deberá restaurar adecuadamente el pavimento, aceras, prados y arbustos.

## 5.5.4 PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN

### 5.5.4.1 Preparación de la tubería

En caso de que el proyecto requiera dobleces en la tubería, éstos deberán efectuarse antes de su preparación para la aplicación del recubrimiento anticorrosivo.

Antes de aplicar el recubrimiento anticorrosivo a la tubería debe prepararse adecuadamente.

Primero se tendrá que calentar el tubo uniformemente, a una temperatura de 383.15 K, con el fin de quitar por completo toda la humedad, después, se limpiará con un chorro de arena o granalla de acero, para remover también todo el aceite, grasa, alquitrán, derrumbe, escamas, escoria u otros contaminantes que existan sobre la tubería, el metal base debe presentar una apariencia grisácea mate, comparable a la limpieza de metal blanco, durante la limpieza.

Los extremos de la tubería, deberán protegerse con tapones que impidan la entrada de abrasivo al interior de la tubería. El abrasivo que penetre a la tubería deberá ser removido antes de aplicar el recubrimiento.

Una vez terminada la limpieza, la superficie exterior del tubo debe inspeccionarse cuidadosamente, bajo iluminación adecuada; todos los defectos de la superficie, como son: astillas, incrustaciones, rebabas, salpicaduras de soldadura, golpes, etcétera, deben removerse completamente por esmerilado. Pequeños defectos superficiales pueden removerse por esmerilado. La tubería que contenga alguna abolladura deberá apartarse por el contratista, para efectuar pruebas de inspección de acuerdo a los códigos correspondientes y se determinará qué hacer con ella. Todas las áreas esmeriladas deben limpiarse con un chorro de arena. Todo el polvo y residuos nocivos, deben removerse con el uso de aire comprimido, que deberá estar libre de aceite y humedad.

La tubería que se limpia con un chorro de arena, y no ha sido recubierta, antes de que se presente el efecto de oxidación superficial visible, o no se haya recubierto dentro de las tres horas después de la limpieza, deberá limpiarse nuevamente con un chorro de arena.

El recubrimiento anticorrosivo a base de cinta de polietileno o alquitrán de hulla, será aplicado a la tubería, siempre y cuando la superficie de la misma esté perfectamente limpia; su aplicación se hará de la siguiente forma:

La cinta se aplicará envolviendo a la tubería, espiralmente con un traslape mínimo de 25.4 mm y una tensión controlada de 0.069 MPa (0.70 kg/cm<sup>2</sup>).

La cinta puede ser aplicada: manualmente, con máquina manual encintadora, con máquina de transmisión, o bien, con equipo de aplicación en planta.

En la planta, los procedimientos bajo los cuales se aplicará la cinta a la tubería serán: por transportación lineal de la cinta y por transportación espiral de la cinta.

En cada extremo de la tubería, deberá dejarse una franja libre de recubrimiento de 0.30 m de ancho, para la fase de alineamiento y soldadura de campo.

Una vez aplicado el recubrimiento a la tubería, éste deberá ser inspeccionado con el objeto de comprobar su calidad, o bien, para detectar las posibles fallas y repararlas apropiadamente.

Para inspeccionar el recubrimiento, se usará un detector eléctrico de bajo amperaje y de voltaje ajustable, que detecte las fallas de recubrimiento, mediante pulsaciones eléctricas.

El voltaje mínimo de operación del detector, será de 10 000 Volts. El voltaje deberá ajustarse apropiadamente, por lo menos una vez al día, ya que la humedad y la temperatura podrían desajus-

tarlo. El detector será aplicado al recubrimiento, pasándolo una sola vez a una velocidad de 0.15 a 0.30 m/s. Cualquier falla en el recubrimiento será indicada por una chispa entre el electrodo y la superficie del tubo y/o también por una señal luminosa y audible.

Las fallas detectadas en el recubrimiento, serán reparadas en la forma siguiente:

#### ***Separaciones menores***

El área por reparar, se limpiará perfectamente y sobre ella se colocará un parche del mismo material de 0.05 m mayor en todas direcciones del área por reparar.

El área por reparar y el parche por colocar, deberán estar perfectamente libres de impurezas y secos.

Tanto el área dañada como el lado adhesivo del parche se deben calentar, y una vez que el adhesivo comience a fluir, se colocará sobre el área dañada, moldeándolo del centro hacia los extremos. La zona reparada deberá ser nuevamente inspeccionada.

#### ***Reparaciones mayores***

En estos casos, el área defectuosa se calienta hasta que el material se ablande, y posteriormente, se remueve con la ayuda de una espátula o navaja, y en su lugar se colocará el parche, siguiendo el procedimiento adecuado para su instalación.

#### **5.5.4.2 Manejo y tendido**

Durante la instalación de la línea en las zanjas debe observarse un cuidado similar al que se tie-

ne durante la carga, transporte y descarga de la tubería. Las tuberías con recubrimiento anticorrosivo requieren un cuidado adicional cuando se manejan temperaturas abajo o arriba de las recomendadas por el fabricante.

La tubería recubierta no debe depositarse en terrenos ásperos, ni rodarse en tales superficies. Únicamente se permitirá el rodado de tubería revestida cuando los extremos estén desnudos y se disponga de rieles en donde se rueda el acero expuesto.

Durante el manejo y colocado de la tubería en la zanja, se deberán utilizar protectores para evitar su daño; la tubería no debe arrastrarse sobre el fondo de la zanja ni tampoco golpearse contra el fondo. Mientras se prepara para realizar la junta, la tubería debe soportarse sobre las bandas. El recubrimiento de la tubería se inspeccionará en tanto esté suspendida de las bandas, además cualquier daño visible al recubrimiento debe repararse antes de bajar la tubería a la zanja.

La zanja debe mantenerse libre de agua, ya que pueda afectar la integridad de la cama y las operaciones de soldado de las juntas.

Pueden permitirse algunos soportes especiales, pero de ninguna manera deben instalarse permanentemente secciones de tubería sobre maderos, montículos de tierra, o apoyos similares.

El grado máximo de deflexión permanente permitido para dobleces de la tubería en frío, se determinará de acuerdo a la Tabla 5.17 que expresa el radio mínimo en función del diámetro exterior.

### 5.5.4.3 Ensamble de la tubería

Durante el ensamble de la línea, previo a su instalación en la zanja, deberá limitarse el grado de curvatura elástica, de tal manera que no se exceda el esfuerzo de fluencia del material y/o se dañen los recubrimientos interiores y exteriores de la tubería. La deflexión de la tubería en cualquier punto debe limitarse a las recomendaciones indicadas anteriormente (ver Tabla 5.17).

Tabla 5.17 Grado máximo de deflexión permanente permitido

Diámetro exterior de la tubería	Radio mínimo de doblado
323.8 mm (12.75")	18 $d_e$
355.6 mm (14")	21 $d_e$
406.4 mm (16")	24 $d_e$
457.2 mm (18")	27 $d_e$
505.8 mm y mayores (20" y mayores)	30 $d_e$

donde:

$$d_e = \text{Diámetro exterior de la tubería, m}$$

Deberá vigilarse que los dobleces se efectúen antes de aplicar el recubrimiento anticorrosivo, ya que de otra manera éste podría dañarse.

### 5.5.4.4 Soldaduras de uniones

Cuando se realiza una soldadura de campo (de unión) en una tubería revestida interior y/o exteriormente, debe permanecer desnuda una longitud corta (de aproximadamente 40 mm) en cada extremo, de tal manera que el calor de la soldadura no afecte adversamente el recubrimiento protector. La longitud del tramo desprotegido puede variar dependiendo del tipo de recubrimiento y el espesor de pared de la tubería.

Después de haber completado la soldadura de unión, deberán recubrirse los tramos desnudos con el mismo material que se revistió el resto de la tubería. En tuberías de 0.61 m de diámetro y mayores el recubrimiento interior de las juntas es recomendable sea reparado desde el interior, para lo cual los trabajadores que deban entrar a la tubería para completar el recubrimiento, tengan una ventilación adecuada. Las juntas en tuberías menores de 0.61 m, deben repararse desde el exterior por medio de registros de mano.

#### 5.5.4.5 Tapones

Generalmente la prueba hidrostática se efectúa por secciones de tubería. Los extremos de la sección por probar pueden aislarse mediante válvulas o tapones soldados. Las válvulas no necesariamente son permanentes y podrán retirarse una vez terminada la prueba.

El empleo de tapones soldados puede resultar más económico. Un tapón convencional consiste en un tramo de tubo de aproximadamente un metro de largo, al que se suelda una placa plana por un extremo, y la tubería por probar por el otro.

La placa plana puede ser de forma rectangular o circular. Sobre el tapón se colocan los aditamentos necesarios para la entrada de agua y salida de aire.

Al término de la prueba se retira el tapón corriendo la tubería de conducción a cierta distancia antes de la soldadura con el tapón.

#### 5.5.4.6 Venteos

La tubería debe llenarse despacio para prevenir el posible golpe de ariete, asimismo, se tendrá

cuidado para permitir que el aire escape durante la operación de llenado.

Después de llenar la línea, puede ser necesario el uso de bombas para levantar y mantener la presión deseada.

#### 5.5.4.7 Defectos permisibles

No se aceptará una instalación hasta que la fuga sea menor del número de litros por hora que se determine por la fórmula siguiente:

$$L = \frac{Nd_1\sqrt{P_m}}{1.033} \quad \text{Ecuación 4.4}$$

donde:

- $L$  = Fuga permisible, L/h
- $N$  = Número de juntas en la longitud de línea probada
- $d_1$  = Diámetro de la tubería, mm
- $P_m$  = Presión media durante la prueba de fugas, MPa

Las fugas presentadas en las juntas de soldadura deben ser marcadas para una adecuada reparación con soldadura. Tales soldaduras pueden ser realizadas sin vaciar la tubería, únicamente bajando la presión.

Si una tubería no pasa la prueba hidrostática, será necesario localizar, descubrir, reparar o reemplazar cualquier defecto en la tubería, válvula, junta o accesorios. Una vez que esto se realizó, se probará nuevamente la tubería.

#### 5.5.4.8 Desinfección de la tubería

El interior de la tubería y los accesorios deben mantenerse libres de desechos y contaminación,

y aunque se tomen precauciones durante la instalación, se debe realizar la limpieza a chorro de agua y la desinfección de la tubería, para tener la seguridad que se entrega a los consumidores agua potable segura. Al terminar el día de trabajo, el uso de tapas o cubiertas evita que entren a la tubería, durante las horas nocturnas, animales, insectos y drenaje superficial.

Para la desinfección de la tubería se puede utilizar hipoclorito de calcio (de sodio), cloro gaseoso o cloro líquido. El hipoclorito de calcio es particularmente seguro y fácil de aplicar, aunque se debe tener cuidado que el desinfectante no pierda su potencia por una exposición prolongada a la atmósfera. El hipoclorito seco se mezcla con agua para obtener una solución de cloro al 1 por ciento. Esta se aplica en el extremo de la tubería, donde la conducción del agua lo puede distribuir por toda la longitud del tramo. La dosis del cloro debe ser tal que produzca un residual de diez, cuando menos, en el extremo opuesto de la tubería, después de un reposo de 24 horas. Esto se puede esperar con una aplicación de 25 mg/L de cloro.

También puede utilizarse un inyector de cloro gaseoso, o bien, entregar grandes cantidades de cloro, el cual es especialmente útil en la esterilización de tuberías de gran diámetro. Además se puede regular la tasa de aplicación y reducir la duración del proceso de inyección.

Otro método es el uso de cilindros de cloro gaseoso, el cual puede ser peligroso si es que la inyección no queda bajo la supervisión de un empleado competente. Después de una reducción en la presión, el cloro líquido se inyecta en la tubería. Es necesario un cierto gasto de agua para distribuir el cloro. Se puede presentar la

congelación del cloro, si la tasa de aplicación no se regula apropiadamente.

El lavado a chorro de la tubería debe ser íntegro para eliminar el agua intensamente clorada antes que la línea se ponga en servicio.

### 5.5.5 SOLDADURAS DE UNIONES (CON MATERIAL DE APORTE)

#### 5.5.5.1 Curvas para tubería de acero al carbono

Codos para tubería helicoidal o longitudinal hechas en frío, los cambios de dirección requeridos para apegarse al contorno de la zanja pueden realizarse doblando el tubo de acuerdo a los procedimientos respectivos y los radios mínimos de los dobleces serán de acuerdo a lo que indique la Normatividad respectiva.

A todas las curvas sin excepción deberá anotarse el número, grado de curvatura y sentido de flujo en la parte superior de la curva; si por condiciones constructivas de aplicarse protección anticorrosiva en planta, la curva en el almacén, los datos solicitados también deberán indicarse. Para el caso de tuberías que tiene ya aplicada la protección anticorrosiva y vaya a ser doblada, los aditamentos del doblado deben ser acojinados de manera que no se provoquen daños a la protección anticorrosiva.

#### 5.5.5.2 Soldadura para tubería de acero al carbono

Los Procedimientos de soldadura, así como los soldadores que ejecuten estas labores en el campo, deben ser calificados de acuerdo con lo que especifica la última edición del código ASME



sección IX, artículo II y III o por el Código API STD 1104, Secciones 1 y 2.

### 5.5.5.3 Calificación del procedimiento de soldadura

La calificación de la soldadura debe hacerse con las más severas exigencias que se apliquen a una soldadura efectuada bajo las condiciones y procedimientos que se presentan en el campo. Los tubos se consideran soldables siempre que cumplan los requisitos establecidos en API STD 1104: (Ref. ASME B31.4, capítulo VI, Párrafo 437.6.5 y ASME B31.4, capítulo V, Párrafo 434.8.5).

El procedimiento de soldadura especificado, propuesto por el contratista y sea aprobado para el proyecto y el cual deberá ser calificado, deberá incluir y aplicar los diferentes aspectos que se enuncian a continuación:

- a) El proceso específico de soldadura de arco o el proceso de soldadura con gas, manual, semiautomático, automático o combinado
- b) Materiales, tubos y conexiones de tuberías, APISPEC-51 y otros materiales de especificaciones ASTM Acero al carbono agrupados según el límite mínimo especificado a la fluencia  $2\ 950\ \text{kg/m}^2$  ( $42\ 000\ \text{lb/in}^2$ ). Además de comprobar la compatibilidad de las propiedades metalúrgicas de los metales base y relleno, tratamientos térmicos y propiedades mecánicas
- c) Agrupamientos por diámetros y espesor de pared
- d) Diseño de ranuras. Forma de la ranura y ángulo del bisel, tamaño de la cara de la raíz y abertura entre raíces o espacio entre miembros a tope. Forma y tamaño

del cordón de soldadura. Tipo de respaldo si se usa

- e) Metal de aporte y número de cordones. Tamaño y número de clasificación del metal de aporte, número mínimo y secuencia de cordones
- f) Características eléctricas. Corriente y polaridad, tensión y corriente para cada electrodo, sea varilla o alambre
- g) Características de la flama. Neutral, carburizante, oxidante, tamaño del orificio en antorcha tipo, para cada tamaño de varilla o alambre
- h) Posición de rolado o soldadura de posición fija
- i) Dirección de la soldadura. Vertical hacia arriba o hacia abajo. Se establece solamente la dirección vertical hacia abajo.
- j) Tiempo entre pasos, tiempo máximo entre terminación del cordón de fondeo y principio del segundo cordón; tiempo máximo entre la terminación del segundo cordón y el principio de otros cordones
- k) Tipo de alineado; interno, externo
- l) Remoción del alineador, después de completar 100 por ciento del fondeo
- m) Limpieza, herramientas motrices, herramientas de mano
- n) Pre y pos calentamiento, relevado de esfuerzos, métodos, temperatura, métodos de control de temperatura, fluctuación de temperatura ambiente
- o) Gas protector y gasto. Composición del gas y gasto
- p) Fundente y protector, tipo y tamaño.
- q) Velocidad de recorrido (in/min) o (cm/min)
- r) Dibujos y tablas. Dibujos por láminas separadas, mostrando la ranura y secuencia de los cordones de soldadura, junto

con los datos tabulados según el diámetro y espesor de pared del tubo, el diseño de la junta, el metal de aporte, número de cordones y las características de la corriente eléctrica o de la flama. Así como es mencionado en el Código API STD 1104, Sección 2, párrafos del 2.1 al 2.3, además todos los registros de procedimiento deben ser iguales o semejantes a lo señalado en el código API STD 1104, Sección 2, párrafo 2.2

Para la rectificación del procedimiento de soldadura que proponga el contratista, un nuevo procedimiento de soldadura debe ser establecido como una nueva especificación y ser completamente recalificado cuando cambian cualquiera de las siguientes variables (API STD 1104):

- a) Cambio en el proceso de soldadura. De gas a arco protegido (proceso de gas o soldadura de arco a otro proceso de gas u otra soldadura de arco), de manual a semiautomático o automático o combinación de éstos
- b) Cambio en el material de los tubos. Grupos de ASTM o API, acero al carbón, con límite elástico mínimo especificado de 2 950 kg/cm<sup>2</sup> (42 000 lb/in<sup>2</sup>)
- c) Cambio en el diseño de la Junta. De ranura en "v" a ranura en "u", etc. el cambio en el ángulo del bisel o borde de la ranura, no es variable esencial del procedimiento especificado
- d) Cambio en la posición. Para soldadura a tope solamente, un cambio de vertical a horizontal o viceversa
- e) Cambio en el espesor de pared del tubo. Un cambio de grupo de espesor de pared

- a otro grupo
- f) Cambio en el metal de aporte. De un grupo clasificado a otro
- g) Cambio de polaridad de corriente positiva a negativa
- h) Cambio en el lapso de tiempo entre el cordón de fondeo y el segundo cordón.
- i) Cambio de sentido (de vertical ascendente a vertical descendente o viceversa).
- j) Cambio en el gas de protección y proporción
- k) Cambio en el fundente de protección
- l) Cambio en la velocidad de avance

#### 5.5.5.4 Pruebas para soldadura a tope

En la preparación, los especímenes deben ser cortados conteniendo al centro de la junta soldada, de acuerdo a la localización transversal con las dimensiones y en las cantidades mínimas de éstos y pruebas que deben realizarse, las cuales están dadas de acuerdo con la localización transversal mostrada en el código API STD 1104.

- Los especímenes deben ser preparados como indique el especialista en pruebas y de acuerdo a la Normatividad
- Para tubos menores de 60.33 mm (2.375 in) de diámetro exterior, deben realizarse dos uniones de prueba para poder contar con el número de especímenes de prueba requeridos, los especímenes deben ser enfriados al aire a la temperatura ambiente, antes de que sean probados
- Para tubos de 33.34 mm (1.31 in) de diámetro exterior y menores, un espécimen de sección completa puede ser sustituido por los cuatro especímenes;

dos de sección reducida de ranura y ruptura, y dos de doblado por la raíz

- El esfuerzo de ruptura debe ser calculado dividiendo la carga máxima a la ruptura entre el área menor de la sección transversal del espécimen medido antes de aplicar la carga. La sección del espécimen debe cumplir los requisitos de las pruebas de tensión indicadas en la norma API STD 1104

## 5.5.6 PRUEBAS DE SOLDADURA EN LABORATORIO

### 5.5.6.1 Prueba de rotura por tensión (rt)

#### **Preparación**

El espécimen, debe ser aproximadamente de 228.6 mm (9 in) de largo y 25.4 mm (1 in) de ancho. Puede ser cortado a máquina o con gas oxiacetileno, no es necesaria otra preparación a menos que los lados lleven ranura o no tengan un

corte paralelo. Si es necesario los especímenes deben ser maquinados para que los lados sean lisos, pulidos y paralelos (ver Ilustración 5.77).

#### **Método**

El espécimen de prueba de rotura por tensión, debe ser roto bajo una carga de tensión. El esfuerzo de rotura debe ser calculado dividiendo la carga máxima a la rotura entre el área menor de la sección transversal del espécimen medido antes de aplicar la carga.

#### **Requisitos**

El esfuerzo de ruptura de la soldadura, que incluye la zona de fusión de cada espécimen, debe ser igual o mayor que el esfuerzo de ruptura mínimo especificado para el material del tubo. Si el espécimen se rompe fuera de la soldadura o de la zona de fusión y el esfuerzo observado no es menor que 95 por ciento del esfuerzo de ruptura mínimo especificado para el material del tubo,

Ilustración 5.77 Pruebas de Ranura y Rotura (rr)



la prueba será aceptada para estar dentro de los requisitos. Si cualquiera de los especímenes se rompe fuera de la soldadura o de la zona de fusión y el esfuerzo observado es menor que 95 por ciento del esfuerzo de ruptura mínimo especificado del material, la prueba debe ser rechazada y un número igual de especímenes debe cortarse de la soldadura y sujetarse al esfuerzo de tensión. Si cualquiera de los especímenes adicionales se rompe fuera de la soldadura o de la zona de fusión y el esfuerzo observado está también abajo del límite indicado antes, en tal caso la soldadura debe ser eliminada y una nueva prueba del procedimiento debe efectuarse. (API STD 1104).

#### 5.5.6.2 Prueba de ranura y rotura (rr)

##### **Preparación**

El espécimen, debe ser aproximadamente de 228.6 mm (9 in) de longitud y 25.4 mm (1 in) de ancho y puede ser cortado con máquina o con gas oxiacetileno. La Soldadura debe ser ranurada con segueta longitudinalmente por el eje vertical de su sección transversal o sea radialmente al tubo, y por las secciones extremas de la soldadura; cada ranura debe ser aproximadamente de 3.18 mm (1/8 in) de profundidad.

En el espécimen de ranura y rotura preparado de esta manera para soldadura hecha con algún proceso automático o semiautomático, puede fallar la placa base del espécimen en vez de la soldadura. Cuando por experiencias anteriores de pruebas se esperan fallas en la soldadura, para que esto último suceda, el refuerzo exterior de la soldadura puede ser ranurado longitudinalmente a una profundidad que no exceda de 1.59 mm (1/16 in) de profundidad medido desde la superficie original de la soldadura.

Es opcional que el espécimen de ranura y rotura, para calificar un procedimiento automático o semiautomático de soldar, pueda ser macro grabado previamente al ranurado. Puede usarse como reactivo una parte de persulfato de amonio sólido en nueve partes de agua, por peso, frotando vigorosamente la cara pulida de la soldadura con una tela de algodón saturada con dicho líquido, a la temperatura ambiente y lavando después el espécimen con agua, de preferencia caliente.

##### **Método**

El espécimen debe ser fracturado en cualquiera de las formas siguientes: con una máquina para aplicar tensión; golpeando al centro del espécimen apoyado en sus extremos; sujetando un extremo y golpeando el otro extremo.

El área expuesta de la fractura debe ser cuando menos 19.05 mm (3/4 in) de ancho.

##### **Requisitos**

La superficie expuesta de cada espécimen debe mostrar una penetración y fusión completas, no deben existir más de seis cavidades de gas por pulgada cuadrada de área en la superficie fracturada y la dimensión mayor de las cavidades no debe exceder de 1.59 mm (1/16 in). Las inclusiones de escoria no deben tener más de 0.79 mm (1/32 pulgada) de espesor y una longitud no mayor de 3.18 mm (1/8 in) o la mitad de espesor de pared nominal, cualquiera que sea menor, debiendo tener cuando menos 12.7 mm (1/2 in) de metal sano de la soldadura entre inclusiones adyacentes (API STD 1104).

### 5.5.6.3 Prueba de doblado de raíz (dr) y doblado de cara (dc)

#### **Preparación**

Los especímenes deben tener cuando menos 228.6 mm (9 in) de largo por 25.4 mm (1 in) de ancho y los lados deben ser redondos a todo lo largo. Podrán ser cortados a máquina o con gas oxiacetileno. El cordón de soldadura en la raíz y en el refuerzo deben ser removidos emparejándolos hasta la superficie del espécimen estas superficies deben ser pulidas, cualquier ralladura que exista debe ser leve y transversal a la soldadura.

#### **Método**

El espécimen debe ser doblado en una guía dobladora para prueba, cada espécimen debe colocarse en la matriz con la soldadura a medio espacio. El espécimen de doblado de cara debe ser colocado con la cara de la soldadura directamente hacia la abertura; el espécimen de doblado de raíz debe colocarse con la raíz de la soldadura directamente hacia la abertura. El émbolo debe ser forzado dentro de la abertura hasta que la curvatura del espécimen tome la forma de U.

#### **Requisitos**

La prueba de doblado se considerará aceptada si no hay grietas u otros defectos que excedan de 3.18 mm (1/8 in) o de la mitad del espesor nominal de pared, el que sea menor, en cualquier dirección que se presenten en la soldadura o entre la soldadura y la zona de fusión después de haberse doblado. Las grietas que se originen a lo largo de los bordes del espécimen durante la

prueba, que sean menores de 6.35 mm (1/4 in) medido en cualquier dirección no deben ser considerados, a menos que se observen como defectos evidentes. Cada espécimen sujeto a la prueba de doblado debe satisfacer estos requisitos (API STD 1104).

### 5.5.6.4 Prueba de doblado lateral (dl)

#### **Preparación**

El espécimen debe ser cuando menos de 228.6 mm (9 in) de largo por 12.7 mm (1/2 in) de ancho, los bordes deben ser redondeados, pueden cortarse a máquina o con gas oxiacetileno a 19.05 mm (3/4 in) de ancho y después maquinado o limado hasta dejar 12.7 mm (1/2 in) de ancho. Los lados deben ser pulidos y paralelos.

El refuerzo de la soldadura en la cara y en la raíz debe ser removido hasta emparejarlo con la superficie del espécimen.

#### **Método**

El espécimen debe doblarse en una guía dobladora de prueba, cada espécimen debe colocarse en la matriz, con la soldadura a la mitad de la abertura y con la cara de la soldadura a 90 grados de la dirección del doblez. El émbolo debe forzarse dentro de la abertura hasta que la curvatura del espécimen adquiera la forma de U.

#### **Requisitos**

Cada espécimen debe cumplir los requisitos de la prueba de doblado de cara y de raíz, ya descritos en la prueba anterior. (API STD 1104).

#### 5.5.6.5 Pruebas de soldaduras en filete

##### **Preparación**

Los especímenes deben ser cortados en la Junta, el número mínimo de los especímenes y la prueba a que serán sometidos.

Los especímenes deben ser preparados, cortados a máquina o con gas oxiacetileno, con los lados paralelos y pulidos, 25.4 mm (1 in) de ancho cuando menos y suficiente longitud para que puedan ser rotos.

Para tubos menores de 60.33 mm (2 3/8 in) de diámetro exterior, deben hacerse dos soldaduras de prueba para obtener el número de especímenes requeridos, los cuales serán enfriados al aire ambiente antes de la prueba.

##### **Método**

Los especímenes deben romperse soportándolos por sus dos extremos y golpeando el centro, o bien soportando un extremo y golpeando el otro. Los especímenes deben ser doblados de manera que la raíz de la soldadura sea sujeta a la mayor deformación.

##### **Requisitos**

Las superficies expuestas del espécimen deben mostrar completa penetración y no más de 6 cavidades de gas por pulgada cuadrada de la superficie del área, que tenga una dimensión mayor que no exceda 1.59 mm (1/16 in).

Las inclusiones de escoria no deben ser mayores que 0.79 mm (1/32 in) de espesor y una longitud de 3.18 mm (1/8 in) o la mitad del espesor nomi-

nal de la pared más delgada de las piezas soldadas, el caso que resulte de menor valor; además deben tener una separación cuando menos de 12.7 mm (1/2 in) de metal sano (API STD 1104).

#### 5.5.7 TIPOS DE SOLDADURA, DISEÑOS DE JUNTA Y NIPLES DE TRANSICIÓN

##### **Soldadura a tope**

Las juntas soldadas a tope pueden ser con ranura tipo V sencilla, doble V, o de otro tipo apropiado. Los diseños de juntas o las combinaciones aplicables de estos detalles para el diseño de juntas se recomiendan para extremos de igual espesor. La transición entre extremos de espesor diferente puede lograrse por medio de un rebaje, por soldadura o por medio de un niple de transición prefabricado de una longitud no inferior a la mitad del diámetro del tubo, con diseños de junta aceptables.

##### **Soldaduras de filete**

Las soldaduras de filete pueden ser desde cóncavas hasta ligeramente convexas. Para fines de resistencia el tamaño de una soldadura de filete se mide como la longitud del cateto del mayor triángulo rectángulo de catetos iguales inscrito en la sección transversal de la soldadura, que cubre los detalles recomendados para las conexiones de bridas.

##### **Soldaduras de puntos**

Las soldaduras de puntos se deben realizar por soldadores calificados al igual que todas las demás soldaduras. Los diseños de juntas serán como se indica en los códigos ASME B31.8 y ASME B31.4.

#### 5.5.7.1 Proceso de soldadura con arco.

El contratista, propondrá el diámetro y tipo de electrodos a utilizar, para el procedimiento de soldadura con arco, en sus fases de fondeo, paso caliente, relleno y cordón de vista y con inspección de radiografiado al 100 por ciento de todas las juntas soldadas.

#### 5.5.7.2 Proceso de soldadura con gas, manual, semiautomático.

El contratista propondrá el diámetro y tipo de electrodos a utilizar, para el procedimiento de soldadura semiautomático en sus fases de fondeo, paso caliente, relleno y cordón de vista y con Inspección de radiografiado al 100 por ciento de todas las juntas soldadas.

#### 5.5.7.3 Observaciones que debe considerar el contratista:

- a) Los electrodos deben ser seleccionados para proporcionar soldaduras con una resistencia igual o ligeramente mayor a la resistencia de los tubos a unir y tener una composición química similar a la del metal base
- b) La operación de soldado se debe proteger (en techumbre y paredes en 4 lados) de las condiciones meteorológicas (lluvia, viento, polvo, humedad, frío, etcétera) que puedan ser perjudiciales para la soldadura
- c) El alineamiento de los tubos de diámetro de 304.8 mm (12 in) y mayores, debe realizarse mediante alineadores interiores y mantenido durante el fondeo. En los empates se debe utilizar alineador exterior tipo canasta, el cual debe mantenerse hasta aplicar el fondeo en el 50

pro ciento de la circunferencia del tubo

- d) En caso de ser aprobada la tubería con costura longitudinal, Los tubos se deben alinear alternando su costura longitudinal a 30 grados a cada lado del eje vertical. La conexión eléctrica de tierra no debe soldarse a la tubería, así como tampoco debe realizarse sobre equipos de proceso instalados como medio de continuidad eléctrica para cerrar el circuito con la pieza que se va a soldar
- e) Precalentamiento, los aceros al carbono que tienen un contenido de carbono mayor de 0.32 por ciento determinado por análisis de cuchara o un carbono equivalente (C+1/4 MN) mayor de 0.65 por ciento determinado por análisis de cuchara, deben precalentarse a la temperatura indicada por el procedimiento de soldadura en el cual aplicara en forma similar ductos que conducen líquidos (ASME B31.8)
- f) Relevado de esfuerzos, los aceros al carbono que tienen un contenido de carbono mayor de 0.32 por ciento de carbono, o un equivalente de carbono mayor de 0.65 por ciento, ambos determinados por análisis de cuchara, deben relevarse de esfuerzos. El relevado de esfuerzos puede ser conveniente para los aceros de bajo contenido de carbono o equivalente de carbono cuando existen condiciones adversas de enfriamiento rápido de la soldadura el cual aplicará en forma similar a ductos que conducen gas y líquidos (ASME B31.8). El contratista deberá observar lo siguiente:
  - La temperatura de relevado de esfuerzos aplicara en forma similar a ductos que conducen gas y líquidos,

deberá realizarse como marca el Código ASME B31.8

- El equipo para relevado de esfuerzos local aplicara en forma similar a ductos que conducen gas líquidos, debe ser y apegarse a lo indicado en el Código ASME B31.8

No deberá soldarse cuando las partes por soldar estén húmedas, cuando este lloviendo, o cuando exista viento fuerte, a menos que el Soldador y la Obra esté debidamente protegido y aprobado por la supervisión, de acuerdo con la Norma API-1107.

Cuando se efectúe la soldadura entre dos tubos de diferente espesor, el contratista procederá al esmerilado interior para desbastar el hombro del tubo con mayor espesor hasta contar con el espesor menor para evitar la diferencia de espesores, de preferencia para mucha diferencia de espesor (más de 100 milésimas de pulgada) a criterio del supervisor, se utilizará un carrete de transición hecho en taller de torno.

### 5.5.8 INSPECCIÓN

#### 5.5.8.1 Inspección radiográfica de soldaduras en tubería de acero

Las placas radiográficas de las soldaduras deben tener indicadas las referencias necesarias para la identificación y localización de la junta en el campo, como son:

Sistema de tubería, diámetro, tramo o parte del sistema inspeccionado, kilometraje, número progresivo de junta, etc., de manera que la soldadura en cuestión y cualquier discontinuidad en ella pueda ser localizada precisa y rápidamente (API STD 1104). En las placas radiográficas

debe aparecer perfectamente visible el penetrómetro correspondiente.

## 5.6 TUBERÍA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD CON REFUERZO DE ACERO

### 5.6.1 RECEPCIÓN Y DESCARGA

#### 5.6.1.1 Descarga y manejo

Lea y siga todas las instrucciones de seguridad antes de descargar el tubo.

- a) Use un montacargas con barras de longitud completa o extensiones (típicamente de 2.44 m o 8'), cargador de extremo delantero o retroexcavador con adaptadores de barra a longitud completa para enganchar la anchura entera de la tarima
- b) Use cabestrillos de nylon de suficiente resistencia, longitud y específicamente diseñadas para el manejo seguro de las tarimas completas o del tubo individual, cualquiera que esté siendo levantado
- c) Para tubo de diámetros de 0.60 m (24") y 0.76 m (30"), un punto de cabestrillo es normalmente suficiente en la parte media de su longitud
- d) Use dos (2) puntos de sujeción para el levantamiento de tamaños de diámetro mayores a 0.76 m (30"). El espaciado de la sujeción igual a 1/3 parte de la longitud del tubo generalmente es suficiente
- e) Puede usarse una horqueta de levantamiento aprobada adentro del tubo al descargar y manejar secciones individuales de tubo. El uso de barras y horquetas no



- aprobadas puede resultar en daños
- f) No use cables de acero, cadenas y/o ganchos para descargar o manejar tubo
  - g) No se pare o se pasee sobre la carga de tubo durante el descargue o manejo
  - h) No recoja el tubo en forma de paleo o lo golpee con las horquetas
  - i) No arrastre o deje caer el tubo

### **Pesos de Manejo**

Peso aproximado (kg/m). Estos son pesos promedio aproximados y no son para uso en especificación.

## 5.6.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO

### 5.6.2.1 Dimensiones de zanja

- a) La zanja necesita ser lo suficientemente ancha para que una persona trabaje de forma segura
- b) Las dimensiones mínimas pueden encontrarse en la Tabla 5.18, en los planos o especificaciones que gobiernan el proyecto
- c) En los casos en donde las paredes de la zanja son inestables, el contratista puede elegir el uso de tabla estaca, además, o una caja de protección para la estabilización de zanja durante la instalación del tubo. Si las condiciones son severas, el revestimiento de zanja puede dejarse en el lugar
- d) Refiera a ASTM D2321, para la colocación apropiada y para el movimiento de cajas de zanja. El uso inapropiado de cajas de zanja puede afectar el desempeño del tubo

### 5.6.2.2 Mantos freáticos

- a) Los mantos freáticos excesivos pueden necesitar de desagüe

Tabla 5.18 Dimensión de tubo de polietileno reforzado de acero y pesos de manejo

Tamaño nominal de tubo (mm/in)		Peso Unitario (kg/m- lb/ft)	
600	24	16.83	11.3
760	30	28.00	18.8
900	36	35.15	23.6
1 070	42	40.22	27.0
1 220	48	45.88	30.8
1 370	54	53.77	36.1
1 520	60	63.90	42.9
1 680	66	84.85	56.9
1 830	72	97.81	65.6
2 130	84	113.59	76.3
2 440	96	129.59	87.0
3 050	120	162.55	109.0

- b) En áreas de condiciones de zanja saturadas o en zanjas secas, refiera al apartado 5.6.2.3 y a la ASTM D2321 para la selección apropiada de materiales de plantilla y de relleno
- c) Debe prevenirse la flotación del tubo y la erosión o deslave de suelo de soporte previamente colocado para asegurar que la estructura mantenga su capacidad de sostener la carga
- d) Contacte al responsable de obra, en lo sucesivo referido como "Ingeniero," para el cubrimiento apropiado con el fin de prevenir flotación

### 5.6.2.3 Cimentación y plantilla

- a) Un fondo de zanja inestable debe estabilizarse bajo la dirección del Ingeniero. En tales casos, instale materiales especiales para la plantilla y cimentación en capas de 0.15 m y compacte
- b) La excavación de 0.15 m a 0.30 m bajo el tubo deberá rellenarse con material de plantilla y compactarse a un mínimo del 90 por ciento de la Densidad Proctor Estándar. Rellene las áreas sobre la

excavación más allá de 0.30 m con roca procesada o grava siguiendo las prácticas estándar de plantillas

- c) El material de plantilla provee un soporte uniforme para sostener el tubo en línea y nivel. Un grosor de plantilla de 0.10 m a 0.15 m usualmente es adecuado. Antes de instalar el tubo, nivele el material de plantilla a lo largo de toda la longitud del tubo. Se puede usar una pala plana para nivelar la superficie a ras. Los materiales de plantilla pueden ser de Clase I, II o III (ASTM D2321)
- d) Cuando se excava en materiales de Clase IV (limos, arcillas limosas y arcillas), proporcione una cimentación uniforme no alterada
- e) Si se usan materiales IA para plantilla, deben usarse como materiales de relleno hasta el centro del tubo en una zanja seca. Para minimizar el potencial de migración, los materiales clase IA deberán usarse hasta la parte superior del tubo en zanjas húmedas o en zanjas que estén por debajo del nivel freático

### 5.6.3 INSTALACIÓN

#### 5.6.3.1 Ensamble del tubo (Unión)

- a) La campana y espiga, deben colocarse con el extremo de la espiga orientado hacia aguas abajo, a menos que el Ingeniero indique otra cosa
- b) Remueva la película protectora del empaque antes de aplicar lubricante o de unir el tubo
- c) La superficie de doble sellado del empaque de Tubo de Polietileno Reforzado de Acero es integrada en los valles de la espiga. Si se remueve el empaque, asegúrese

que el asiento del mismo esté limpio y reinstale apropiadamente

- d) Asegúrese de que la campana y la espiga están completamente limpios y libres de suelo de cualquier tipo
- e) Use un trapeador o un cepillo para aplicar una cantidad generosa de lubricante de empaque, tanto al empaque como al tapón interior de la campana
- f) Escarbe un “hoyo de campana” a lo largo de la orilla del extremo de la campana con una pala o para mantener la espiga libre de material de plantilla y para prevenir que los materiales estén siendo jalados hacia la campana por la espiga. Los materiales atraídos pueden desemparejar el sellado del empaque y pueden causar fugas de líquido
- g) Alinear el extremo de la espiga del tubo en la orilla inicial de la campana durante el proceso de unión siendo cuidadosos de no permitir que ingresen suelo o desechos en la conexión
- h) No empuje sobre el extremo de la campana del tubo. No use un cable o cadena alrededor del tubo para unirlos. Es altamente recomendado el uso de una correa de nylon para jalar el tubo
- i) El extremo de la espiga del tubo tiene la característica de una “marca direccional” que se alineará con el extremo de la campana cuando la espiga ha sido totalmente insertada en la campana
- j) Una vez que el tubo ha sido colocado completamente en la zanja y antes del relleno, se recomienda que el Ingeniero o un representante autorizado del Ingeniero apruebe la zanja, la plantilla y la colocación del tubo
- k) Nota para Clima Frío: Los empaques de hule se hacen más duros conforme

decrece la temperatura. Los empaques tienden a comprimir menos, y cuando se combinan con campanas, las juntas se tornan menos indulgentes. La alineación apropiada de campana espiga, la lubricación apropiada de la campana y la espiga y los procedimientos de unión recomendados se hacen más esenciales conforme disminuyen las temperaturas

- l) Después del ensamble apropiado, tome precauciones para evitar el movimiento del tubo antes del relleno al centro del tubo y resto del relleno (ver Ilustración 5.78)

- c) Cuando las paredes de la zanja sean inestables, deben prevenirse los derrumbes de tal forma que el material de relleno pueda colocarse y compactarse adecuadamente. El uso apropiado de una caja de zanja o la sobre excavación puede ayudar en estos casos
- d) No permita que el tubo se mueva cuando se coloca el material bajo los costados del tubo
- e) El material de relleno inicial se extiende desde el material de plantilla/cimiento hasta el centro del tubo

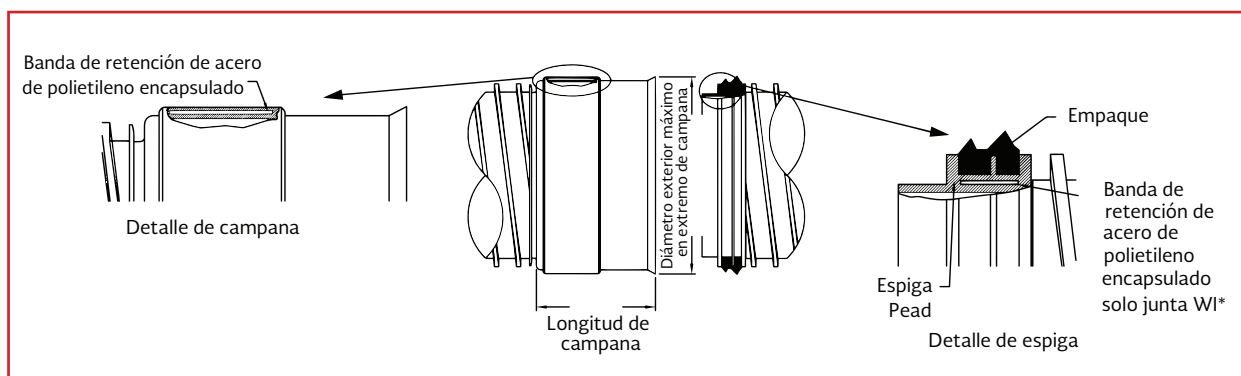
### 5.6.3.2 Acostillado

- a) El acostillado aporta al tubo una mayor capacidad de llevar carga. Una deficiente mano de obra producirá una excesiva deflexión del tubo y problemas de nivel y alineación. Los materiales de relleno inicial pueden ser de Clase I, II, o III de acuerdo a ASTM D2321
- b) Coloque suficiente material de forma manual en los costados del tubo para proveer una compactación y soporte lateral adecuados. El material deberá satisfacer el mínimo de los requerimientos de compactación de ASTM D232

### 5.6.3.3 Relleno y compactación

- a) Los materiales iniciales de relleno se extienden desde el centro del tubo hasta 0.15 m a 0.30 m sobre el tubo. Pueden usarse materiales de relleno que generalmente siguen los requerimientos de ASTM D2321, tal como las Clases I, II o III
- b) Pueden usarse como relleno los materiales nativos que satisfagan los requisitos de los materiales recomendados, pero deben ser aprobados por el Ingeniero
- c) Los materiales deben estar libres de rocas grandes (< 75 mm), terrones congelados u otros desechos

Ilustración 5.78 Detalles típicos de una unión de campana y espiga reforzada para Tubo de Polietileno Reforzado de Acero



- d) Los detalles típicos de zanja/relleno pueden encontrarse en las Ilustración 5.79 e Ilustración 5.80 y su notación en la Tabla 5.19
- e) El relleno seleccionado deberá colocarse y compactarse al mínimo grosor referido en el detalle de instalación aplicable antes de hacer la transición a material nativo o material de relleno no seleccionado sobre el tubo o pavimento
- f) Conforme se coloca el relleno alrededor del tubo, debe tenerse cuidado de evitar el daño del tubo
- g) El relleno seleccionado de material nativo deberá estar completamente compactado (ver Tabla 5.20)
- Relleno de terraplén de camino normal colocado en capas de 0.20 m (8") y compactadas a un mínimo del 90 por ciento de su densidad estándar
  - Seleccionar el material de relleno granular que sea ASTM D2321 clase I, II o III (Compactado a un mínimo del 90 por ciento de su densidad estándar)
- Tubo para alcantarillado sanitario de polietileno de alta densidad reforzado con acero
  - 0.15 m (6") mínimo para diámetros de tubo de 0.30 m (12") – 1.52 m (60") 0.30 m (12") mínimo para diámetros de tubo de 1.68 m (66") – 2.44 m (96")
  - Material de calce ASTM D2321 clase I, II o III compactado al 90 por ciento mínimo de su densidad estándar
  - Espaciado estándar entre corridas paralelas de tubo será igual al diámetro del tubo dividido entre dos, el espaciado especial está sujeto a aprobación por productos de construcción
  - Plantilla granular relativamente suelta moldeada para ajustarse al fondo del tubo, de 0.10 m (4") a 0.15 m (6") de profundidad. (ASTM D2321 clase I, II o III u otro material granular apropiado)

Ilustración 5.79 Instalación típica para profundidades de colchón hasta de 75% del colchón permitido

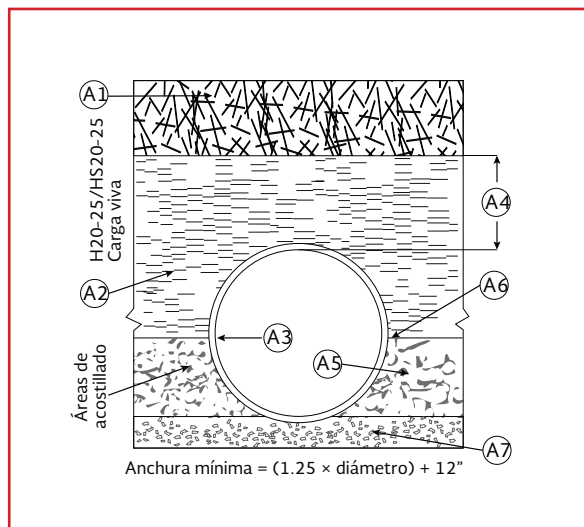


Ilustración 5.80 Instalación colchón bajo (<610 mm de arriba del pavimento a la parte superior del tubo)

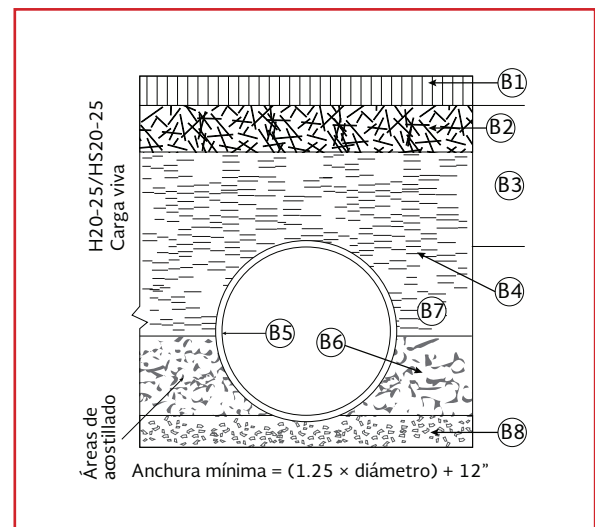


Tabla 5.19 Significado de los incisos de la Ilustración 5.79 e Ilustración 5.80

Notación	Definición	Notación	Definición
A1	Relleno de terraplén de camino normal colocado en capas de 200 mm (8") y compactadas a un mínimo del 90% de su densidad estándar.	B1	Pavimento rígido o flexible.
A2	Seleccionar el material de relleno granular que sea ASTM D2321 clase I, II o III (Compactado a un mínimo del 90% de su densidad estándar)	B2	Base de camino granular compactado
A3	Tubo para alcantarillado sanitario de polietileno de alta densidad reforzado con acero	B3	El colchón mínimo requerido es igual a diámetro del tubo dividido entre cinco pero no menos que 300 mm (12") medidas desde arriba del tubo a arriba del pavimento rígido o abajo del pavimento flexible
A4	150 mm (6") min. para diámetros de tubo de 300 mm (12") – 1520 mm (60") 300 mm (12") min. para diámetros de tubo de 1680 mm (66") – 2440 mm (96")	B4	Seleccionar material de relleno granular que sea ASTM D2321 clase I, II ó III (compactado a un min. del 90% de la densidad estándar).
A5	Material de calce ASTM D2321 clase I, II ó III compactado al 90% min. de su densidad estándar	B5	Tubo para alcantarillado sanitario de polietileno de alta densidad reforzado con acero.
A6	Espaciado estándar entre corridas paralelas de tubo será igual al diámetro del tubo dividido entre dos, el espaciado especial esta sujeto a aprobación por productos de construcción.	B6	Material de calce ASTM D2321 clase I, II ó III compactado a 90% mínimo de densidad estándar
A7	Plantilla granular relativamente suelta moldeada para ajustarse al fondo del tubo, de 100 mm (4") a 150 mm (6") de profundidad. (ASTM D2321 clase I, II ó III u otro material granular apropiado)	B7	Espacio estándar entre batería de tubos será igual al diámetro del tubo dividido entre dos, el espacio fuera de esta recomendación está sujeto a la aprobación del fabricante
		B8	Plantilla granular relativamente suelta, moldeada para ajustarse al fondo del tubo, de 100 mm (4") a 150 mm (6") de profundidad, ASTM D2321 clase I, II o III.

Tabla 5.20 Materiales de relleno aceptables y requerimientos de compactación

Descripción	Clasificación de suelo				
	ASTM D2321	ASTM D2487	AASHTO M43	AASHTO M145	Mínima densidad Proctor estándar %
Grava clasificada o triturada, piedra triturada	Clase I	-	5	A-1-a	85 %
Arena bien clasificada, gravas y mezclas de grava/arena; arena pobremente clasificada, mezclas de grava arena; pequeños o no finos	Clase II	GW	57	A-1-b	85 %
		GP	6	A-3	
		SW			
		SP			
Gravas limosas o arcillosas, grava/arena/limo o mezclas de grava y arcilla; arenas limosas o arcillosas, arena/arcilla o mezclas de arena / limo	Clase III	GM GC SM SC	6	A-1-b	90 %

**Nota:** Otros detalles de relleno estructural pueden usarse si son designados por el ingeniero del proyecto. Los geotextiles deben usarse conforme se requieran para evitar la migración de suelo entre dos diferentes tipos de suelo.

Los materiales de relleno son definidos bajo ASTM D2321.

1. Pavimento rígido o flexible
2. Base de camino granular compactado
3. El colchón mínimo requerido es igual a diámetro del tubo dividido entre cinco pero no menos que 0.30 m (12”) medidas desde arriba del tubo a arriba del pavimento rígido o abajo del pavimento flexible
4. Seleccionar material de relleno granular que sea ASTM D2321 clase I, II o III (compactado a un mínimo del 90 por ciento de la densidad estándar)
5. Tubo para alcantarillado sanitario de polietileno de alta densidad reforzado con acero
6. Material de calce ASTM D2321 clase I, II o III compactado a 90 por ciento mínimo de densidad estándar
7. Espacio estándar entre batería de tubos será igual al diámetro del tubo dividido entre dos, el espacio fuera de esta recomendación está sujeto a la aprobación del fabricante
8. Plantilla granular relativamente suelta, moldeada para ajustarse al fondo del tubo, de 100 mm (4”) a 150 mm (6”) de profundidad, ASTM D2321 clase I, II o III

#### 5.6.3.4 Relleno fluido

Estos materiales son adecuados para uso con tubo de polietileno de alta densidad reforzado con acero bajo

la dirección del ingeniero. El contratista debe tomar precauciones para evitar la dislocación o flotación del tubo durante la colocación del relleno fluido.

#### **Condiciones de terraplén**

- a) La anchura de la zona de relleno seleccionada alrededor del tubo y el tipo de material colocado fuera de esa zona adyacente a la zona de relleno son críticos y dependen del diámetro del tubo y la cantidad última de relleno y cargas a ser colocadas sobre el tubo
- b) En el caso de una instalación de terraplén, el Ingeniero debe preparar un diseño de relleno para condiciones específicas del sitio
- c) No se permiten diámetros mayores o pueden requerir de cuidado adicional en el relleno. Sólo debe usarse equipo de compactación pequeño manual, directamente alrededor del tubo

#### **Límites de Colchón**

Una vez que se ha completado el proceso de relleno, el contratista deberá tener cuidado de mantener el mínimo permisible de altura de colchón sobre el tubo y deberá notificar a todos los contratistas y subcontratistas para evitar la remoción de relleno de colchón o de rodamiento.

**Nota:** El colchón mínimo permisible se mide desde la parte superior del tubo a la parte inferior de un pavimento flexible o la parte superior del tubo a la parte superior de un pavimento rígido. El colchón mínimo en áreas no pavimentadas será mayor que para las áreas pavimentadas que se ha mostrado en la Tabla 5.21 y debe ser mantenido.

**Nota:** Todas las alturas de colchón están basadas en condiciones de zanja. Si existen condicio-

Tabla 5.21 Límites de altura de colchón H20-25 / HS20-25

Diámetro (mm)	Diámetro (in)	Colchón mínimo (m)	Colchón mínimo (ft)	Colchón máximo (m)	Colchón máximo (ft)
61-1.07	24-42	0.3048	1	15.24	50
1.22-1.52	48-60	0.3048	1	9.144	30
1.68-2.29	66-90	0.4572	1.5	9.144	30
2.44-3.05	96-120	0.6096	2.0	9.144	30

nes de terraplén, se requiere cuidado adicional en la colocación de relleno fuera de la zona de relleno del tubo.

### Cargas de construcción

- a) Para cargas temporales de vehículos de construcción pesados, puede requerirse de una cantidad extra de colchón mínimo compactado sobre la parte superior del tubo
- b) La altura de colchón deberá satisfacer los requerimientos mínimos mostrados

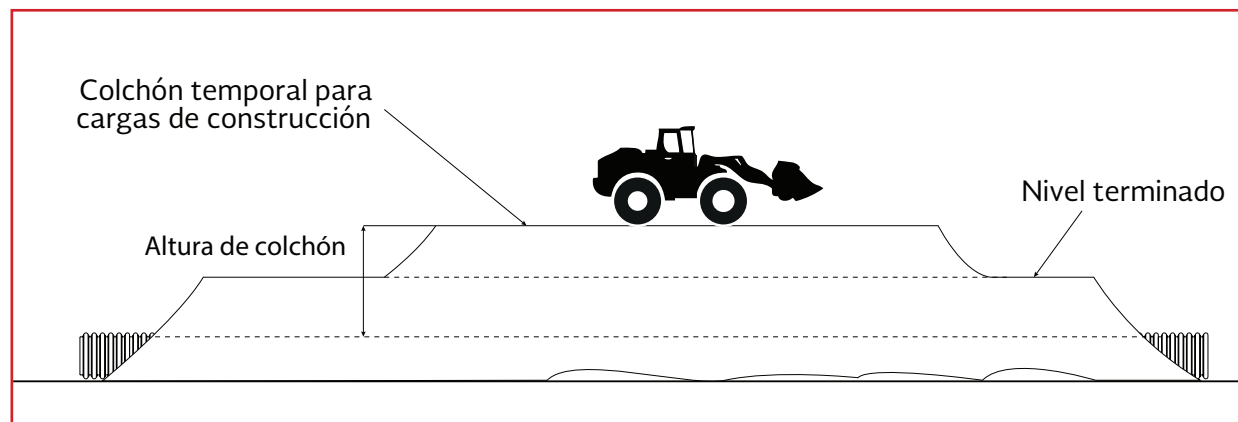
en la Tabla 5.22 e Ilustración 5.81. El contratista debe proveer el colchón adicional requerido para evitar el daño del tubo

- c) El contratista deberá notificar a todos los demás contratistas y subcontratistas para evitar cualquier carga fuera de carretera o carga viva inusual (cargas de construcción) sobre el tubo. Las cargas podrían incluir pero no están limitadas a: camiones fuera de camino, trascabos o cargadoras, ciertos pavimentadores y otros equipos de construcción

Tabla 5.22 Cargas pesadas de construcción

Requerimientos de altura de colchón de construcción				
Diámetro claro (pulg/m)	Carga Axial (Kips)			
	>35 a 50 > 14.5 a 22.7	50 a 70 22.7 a 34.1	75 a 100 34.1 a 45.4	110 a 150 49.9 a 68.1
24-42/0.6-1.1	2.0 ft/0.6	2.5 ft/0.8	3.0 ft/0.9	3.0 ft/0.9
48-72/1.2-1.8	3.0 ft/0.9	3.0 ft/0.9	3.5 ft/1.1	4.0 ft/1.2
78-108/2.0-2.7	3.0 ft/0.9	3.0 ft/0.9	3.5 ft/1.1	4.0 ft/1.2

Ilustración 5.81 Colchón temporal para cargas de construcción



### 5.6.3.5 Efectos de la temperatura

- a) El tubo de polietileno de alta densidad reforzado con acero es un producto cuya rigidez no se ve afectada por la absorción solar o elevadas temperaturas ambientales
- b) Si ocurren grandes variaciones en temperatura desde donde el tubo está almacenado y el fondo de la zanja, entonces el tubo podría requerir de acondicionamiento para evitar la contracción de la longitud del tubo

### 5.6.3.6 Pozo de visita o conexiones de estructura

El Tubo de Polietileno Reforzado de Acero puede conectarse a pozos de visita u otros tipos de estructuras usando métodos típicos empleados por otros productos de tubo flexibles.

### Instrucciones de corte

- La herramienta de corte recomendada para el Tubo de Polietileno Reforzado de Acero es una sierra circular y hoja de sierra abrasiva
- El grosor de la sierra deberá no ser menor de 3.175 mm (1/8”) y se recomienda que sea hecha de material de doble hoja que se usa para cortar tubo de hierro dúctil
- Use el borde de entrada de la sierra para cortar en las costillas del tubo
- Encaje la sierra tanto como sea posible en el tubo conforme avance

**Importante:** Siempre utilice gafas de seguridad al cortar la tubería Tubo de Polietileno Reforzado de Acero y utilice guantes de protección en caso de que los bordes afilados estén expuestos (ver Tabla 5.23).

Tabla 5.23 Dimensiones de tubo

Diámetro de tubo (m)	Diámetro de tubo (in)	Diámetro exterior (m)	Diámetro exterior (in)	Diámetro interior (m)	Diámetro interior (in)	Diámetro Exterior de Campana (m)	Diámetro Exterior de Campana (in)
0.61	24	0.63	24.9	0.60	23.6	0.67	26.2
0.76	30	0.78	30.9	0.75	29.5	0.86	34.0
0.91	36	0.94	37.1	0.90	35.4	1.01	39.9
1.07	42	1.10	43.2	1.05	41.3	1.16	45.8
1.22	48	1.26	49.5	1.20	47.2	1.33	52.3
1.37	54	1.41	55.5	1.35	53.2	1.48	58.2
1.52	60	1.56	61.4	1.50	59.1	1.63	64.1
1.68	66	1.72	67.8	1.65	65.0	*	*
1.83	72	1.88	74.1	1.80	70.9	1.97	77.6
2.13	84	2.16	85.9	2.10	82.7	*	*
2.44	96	2.48	97.8	2.40	94.5	*	*
3.05	120	3.10	121.9	3.60	118	*	*



## 5.7 TUBERÍA DE POLIETILENO CORRUGADO DE ALTA DENSIDAD

### 5.7.1 DESCARGA DE LA TUBERÍA

La descarga de la tubería se podrá realizar de forma manual; diámetros de 0.10 m (4") a 0.45 m (18"); o con equipo o maquinaria adecuados; diámetros de 0.60 m (24") a 1.52 m (60"); por medio de bandas de nylon o estrobos de plástico. No se recomienda el uso de cadenas o cables de acero ya que podrían dañar la tubería. La tubería está diseñada para soportar el manejo normal en la obra.

La mayoría de las entregas se realizan en camiones de plataforma abierta o caja cerrada. Para tubería de 1.52 m (60") y algunas entregas especiales se pueden utilizar como una opción los remolques de cama baja.

Para evitar daños se recomienda evitar dejar caer directamente el tubo contra el suelo.

Ilustración 5.82 Descarga correcta



Siempre se deberá supervisar la descarga y en especial cuando se utilicen tenazas de elevación o bandas de nylon. Cuando se utilicen estas últimas, se recomienda sujetar la tubería en dos puntos de apoyo (ver Ilustración 5.82).

### 5.7.2 ALMACENAMIENTO

La tubería se debe almacenar tan cerca como sea posible de su ubicación final, pero lejos de actividades de construcción. La tubería se deberá almacenar en un terreno plano y en caso de ser necesario estibar, se deberán utilizar calzas a una distancia de  $L/3$  a los extremos del tubo. Además el número de estibas deberá ser en forma de pirámide de 6.0 m de ancho con una altura máxima de 1.8 m. La tubería estibada deberá ser colocada con las campanas alternadas en capas sucesivas y las campanas deben sobresalir a la capa inferior para evitar la deformación y daño de las mismas.

La envoltura protectora sobre los empaques del extremo de la espiga debe ser dejada hasta que la tubería vaya a ser instalada. El lubricante y los accesorios deberán ser almacenados en un solo nivel para evitar daño o deformación (ver Ilustración 5.83).

Ilustración 5.83 Apilado alternando la campana



### 5.7.3 PREPARACIÓN DEL TERRENO

Los sistemas de tubería para drenaje sanitario, pluvial o carretero están diseñados para proporcionar capacidad hidráulica basándose en el diámetro e inclinación de la pendiente. El alineamiento o la línea del tubo es la localización horizontal del mismo, mientras que la pendiente es la inclinación vertical del tubo. Para que un sistema de drenaje funcione como se diseñó, es importante instalar el tubo con la línea y pendiente adecuados. Generalmente no se requieren prácticas especiales para mantener el alineamiento y la pendiente, sin embargo ciertas técnicas de instalación pueden aumentar en gran medida el desempeño del sistema y la velocidad de instalación.

El alineamiento se establece con el levantamiento en campo. Una vez excavada la zanja sobre la línea, se debe colocar el encamado con el espesor adecuado. La parte superior del encamado debe ser ajustado para que deje espacio entre la plantilla de la tubería (línea de flujo) y la base del perfil del tubo.

La Tabla 5.24 proporciona las dimensiones que deben ser restadas a las dimensiones de los tubos en los planos del proyecto cuando se revisen las alturas del encamado.

#### 5.7.3.1 Anchos de zanja

Las referencias para la práctica de zanjeo están en las especificaciones de ASTM D2321. Las especificaciones proporcionan parámetros para los anchos de zanja aplicables a una variedad de condiciones de instalación. Los anchos de zanja pueden ser variados basándose en las características del suelo in situ, los materiales

Tabla 5.24 Ajuste de pendientes por espesores de pared\*

Diámetro nominal del tubo (mm)	Diámetro nominal del tubo (in)	Espesor de la pared (mm)
100	4	16
150	6	24
200	8	33
250	10	36
300	12	29
375	15	33
450	18	40
600	24	47
760	30	65
900	36	72
1 050	42	80
1 050	42 anular	67
1 050	42	66
1 020	60	75

\* Las dimensiones pueden variar entre fabricantes de tubería

de relleno, los niveles de compactación y las cargas. En general la norma proporciona los anchos de zanja recomendados para la mayoría de las instalaciones para permitir una adecuada colocación y compactación del material de relleno en los acostillados y alrededor del tubo.

Se sugieren los anchos de zanja de la Tabla 5.25. El zanjeo se debe realizar en los suelos existentes con paredes laterales razonablemente verticales hasta la parte superior del tubo.

Para instalaciones con terraplén de proyección positiva, el material del mismo debe ser colocado y compactado hasta un mínimo de 0.30 m por encima del tubo y la zanja excavada dentro del terraplén.

Cuando las profundidades de excavación o las condiciones del suelo requieren el uso de una caja de ademe o ademe móvil, en el fondo de la

Tabla 5.25 Anchos de zanja mínimos recomendados para instalación de tubería de polietileno de alta densidad

Diámetro Nominal $D_n$	Diámetro Interior $D_i$	Diámetro Exterior $D_e$	Espesor de pared $ep$	Ancho de acostillado $B_a$	Ancho de zanja $B$	Colchón mínimo $H_c$	Profundidad de excavación $H_t$	Plantilla de arena
pulgada	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
6	15.2	17.6	1.20	20.20	58.0	50	> 57.6	10.0
8	20.0	23.3	1.65	19.85	63.0	50	> 63.6	10.0
10	25.1	28.7	1.80	21.15	71.0	50	> 68.7	10.0
12	30.0	36.7	2.05	21.15	79.0	50	> 76.7	10.0
15	38.0	44.8	3.85	20.60	86.0	50	> 84.8	10.0
18	45.9	53.6	4.30	22.17	99.0	50	> 93.6	10.0
24	61.4	71.9	5.95	25.05	122.0	50	> 112.0	10.0
30	76.2	89.2	6.50	39.40	168.0	50	> 134.2	10.0
36	91.4	105.90	7.95	46.05	198.0	50	> 150.8	15.0
42	105.4	121.2	8.10	44.90	211.0	50	> 166.2	15.0
48	120.9	133.9	6.95	46.90	226.0	70	> 178.9	15.0
60	151.4	166.4	8.20	46.90	269.0	70	> 241.4	15.0

caja de ademe o ademe móvil debe ser colocado no más abajo del lomo de tubo o en un momento dado si las condiciones del terreno natural son extremas, al menos  $\frac{3}{4}$  partes de diámetro exterior de la tubería. Esto previene el deterioro del material envolvente que confinará la tubería cuando se remueva la caja de ademe o ademe móvil de la zanja.

Los anchos mínimos recomendados deberán mantenerse desde la base de la excavación hasta 0.60 m sobre el lomo de la tubería.

#### 5.7.3.2 Desagüe

El exceso de agua subterránea dificulta la adecuada colocación y compactación del encamado y relleno. La tubería flotará en el agua que permanece dentro de la zanja, por lo tanto, es imperativo que se cuente con una zanja seca.

Puede ser necesario requerir bombas de sumidero, pozos de bombeo, pozos profundos, geotextiles, subdrenes o una cuneta de desviación para asegurar una zanja seca.

### 5.7.4 INSTALACIÓN

Alinee la tubería y empuje el tope de la espiga horizontalmente. Las juntas deben ser instaladas con las campanas dirigidas hacia aguas arriba para una instalación adecuada. Generalmente los tubos deben ser colocados iniciando desde el extremo de aguas abajo y trabajando hacia aguas arriba.

La tubería de diámetro pequeño, 0.45 m (18”), usualmente puede ser instalada empujando la espiga hacia la campana de la junta a mano. Los diámetros mayores, 0.60 m (24”) a 1.52 m (60”), pueden necesitar el uso de una barra o equipo para empujar.

Si se utiliza una barra o equipo, se debe usar un bloque de madera y un carrete de por lo menos 5 corrugas sin empaque para evitar el daño de la campana cuando se empuje.

Cuando se empuja la espiga hacia la campana de la junta, asegúrese de que el material de encamado no sea arrastrado dentro de la campana

por la espiga, materiales tales como piedras pequeñas y arenas arrastrados dentro de la campana a finos incluyendo gravas o arenas limosas o arcillosas. La grava y arena deben comprender más del 50 por ciento de los materiales clase III (1 ½" de tamaño máximo), Clasificaciones A-2-4 y A-2-5 del SUCS).

#### 5.7.4.1 Colocación de empaques de valle

Los empaques de valle se utilizan regularmente cuando se conectan piezas especiales (que tienen en sus extremos campanas soldadas) a tubos corrugados de polietileno, por lo que se hace necesario para lograr una unión hermética, colocar un empaque de valle.

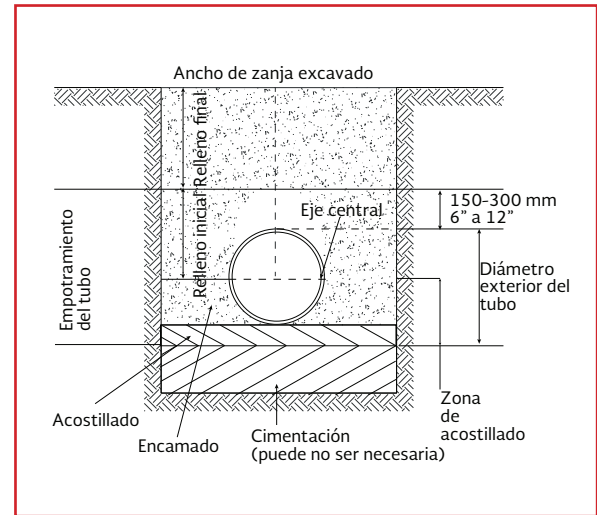
En el siguiente esquema se describe el procedimiento para la colocación de empaques de valle en tuberías y piezas de 0.10 m (4") a 0.60 m (24"):

- Corte la tubería en el valle de la corruga.
- El empaque debe ser colocado en el primer valle completo del tramo de tubo que fue cortado
- La aleta del empaque debe apuntar hacia el lado contrario de la espiga, mientras que la línea blanca o los rótulos del empaque deben dirigirse hacia la espiga.
- Aplicar lubricante alrededor del empaque y en el interior de la campana a la que se hará la unión a fin de hacer el acople con facilidad

#### 5.7.4.2 Materiales de relleno

Los materiales de relleno son aquellos usados para el encamado, acostillado y relleno inicial tal y como se ilustra en la Ilustración 5.84. Las especificaciones de ASTM D2321 utilizan el

Ilustración 5.84 Sección de zanja típica para instalación de tubería de polietileno



Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) que se describe a continuación:

#### Clase I

Piedra o roca triturada angular, graduación densa o abierta con poros o sin finos (de ¼ "a 1 ½" de tamaño).

#### Clase II

(GW, GP, SW, SP, GW-GC, SP-SM ver Tabla 5.26) Materiales limpios de grano grueso, tales como la grava, arenas gruesas y mezclas grava/arena (tamaño máximo de 1 ½").

#### Clase III

(GM, GC, SM, SC) Materiales de grano grueso.

#### Clase IV

(ML, CL, MH, CH) Materiales de grano fino, tales como arena fina y suelos que contengan 50 por ciento o más de arcilla o limo. Los suelos clasificados como clase IVa (ML o CL) tienen

media o baja plasticidad y no son recomendables como materiales de relleno. Los suelos clasificados como IVb (MH o CH) tienen alta plasticidad y no son recomendables como materiales de relleno.

#### **Clase V**

(OL, OH, PT) Estos materiales incluyen limos y arcillas orgánicas, turba y otros materiales orgánicos. No son recomendados como materiales de relleno.

Estas especificaciones se presentan como una guía y no como un sustituto de las normas de la agencia local o del diseñador. Ambas especificaciones son ilustradas para mostrar sus similitudes y las recomendaciones se presentan en el texto. Los materiales de relleno deben ser especificados tomando en consideración las cargas de diseño, la clasificación y calidad de los suelos nativos.

Para instalaciones normales sin carga viva o alturas de relleno profundas, muchos suelos nativos pueden ser útiles. También el uso de suelos nativos minimiza el potencial de migración de finos dentro del material de relleno. Cuando los suelos nativos no son apropiados como materiales de relleno o para las condiciones de carga, se debe considerar el uso de material de banco.

#### 5.7.4.3 Cimentación

Se debe proporcionar una cimentación estable para asegurar que se obtenga un alineamiento y una pendiente adecuados. En caso de que la excavación se realice en arcillas o limos plásticos de alta compresibilidad o en suelos inestables como arcillas o limos que contengan rocas o boleos y que produzcan un asiento no uniforme de la tubería, se deberá colocar una capa de cimentación

que proporcione estabilidad, firmeza y disminuya las diferencias de rigidez del fondo de la excavación. Esta capa tendrá un espesor mínimo de 0.30 m, se realizará con un material clase IA o piedra angulosa de hasta 3", apisonada y sobre esta cimentación se colocará el encamado.

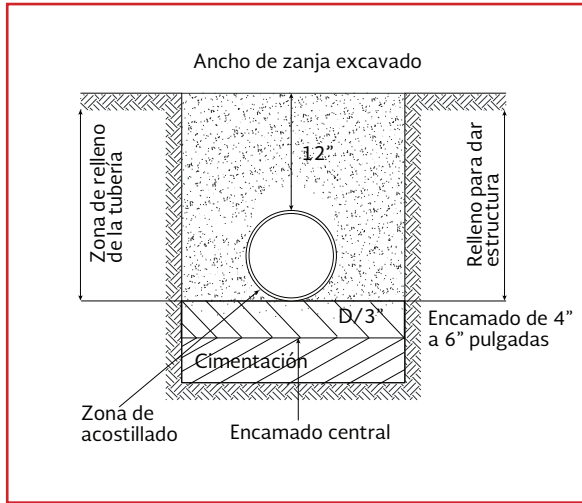
Las cimentaciones inadecuadas se pueden estabilizar bajo las indicaciones de un ingeniero en suelos. Las cimentaciones inadecuadas o inestables pueden ser excavadas y remplazadas por un material de encamado apropiado, colocando en capas de 0.15 m. Otros métodos de estabilización tales como los geotextiles pueden ser adecuados basándose en la opinión de un ingeniero experto en suelos.

#### 5.7.4.4 Encamado

Se debe proporcionar un encamado estable y uniforme para el tubo y cualquier otro elemento sobresaliente de sus juntas y/o accesorios. La mitad del encamado igual a  $1/3$  del diámetro exterior ( $D_e$ ) del tubo debe ser colocado suelto, con el restante compactado a un mínimo de 90 por ciento de la densidad Proctor. Los materiales clase I, II y III son adecuados para usarse como encamado. El encamado debe ser de 0.10 m de espesor para diámetros hasta 0.76 m (30") y de 0.15 m (6") de espesor para diámetros de 0.90 m (36") a 1.52 m (60").

Para tubos de PEAD Corrugados con diámetro igual o mayor a 1.05 m (42"), en la franja central sin compactar de la plantilla de apoyo, se harán hendiduras transversales de 2.5 cm de profundidad, con un ancho ligeramente superior que el de las campanas de unión de los tubos, en los sitios donde se ubiquen las juntas de la tubería, con el propósito de asegurar que el tubo quede completamente apoyado (ver Ilustración 5.85).

Ilustración 5.85 Terminología de zanja tipo

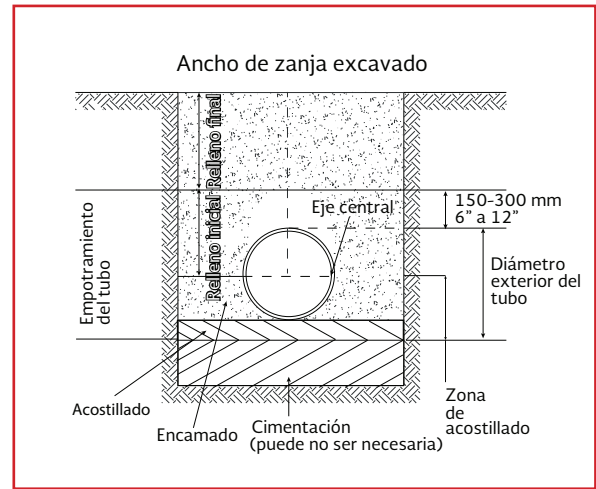


**Nota:** Todos los materiales deben estar libres de terrones o suelo congelado o hielo cuando se coloquen. Adicionalmente los materiales de relleno deben ser colocados y compactados con un contenido de humedad óptimo. NR No recomendable.

#### 5.7.4.5 Acostillado

Un adecuado acostillado proporciona la mayor parte de la resistencia y estabilidad del tubo. Se debe tener cuidado de asegurar la colocación y compactación del material de relleno en el acostillado. Para tuberías mayores ( $> 0.76$  m), los materiales de relleno deben ser trabajados en el acostillado a mano. Los materiales para acostillado pueden ser clase I, II o III y deben ser colocados y compactados al 90 por ciento de la densidad Proctor estándar en capas de máximo 0.20 m hasta llegar al centro geométrico o la línea central horizontal del diámetro exterior de la tubería. Se podrá compactar con pisón de mano, mecánico (bailarina) o placa vibratoria, en capas de 0.15 m. En forma simétrica a ambos lados de la tubería, hasta la altura de colchón mínimo Hc (ver Ilustración 5.86), sobre el lomo de tubo. Compactar con la humedad óptima según la especificación de

Ilustración 5.86 Dimensiones mínimas del acostillado y relleno de zanja tipo



proyecto y conforme a norma ASTM D2321 vigente (ver Tabla 5.26).

En mecánica de suelos, el ensayo de compactación Proctor es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él es posible determinar la compactación máxima de un terreno en relación con su grado o contenido de humedad, método de compactación y energía de compactación.

Existen dos tipos de ensayo Proctor normalizados; el "Ensayo Proctor Normal", y el "Ensayo Proctor Modificado". La diferencia entre ambos estriba en la distinta energía utilizada, debido al mayor peso del pisón y mayor altura de caída en el Proctor modificado.

Las principales normativas que definen estos ensayos son las normas americanas ASTM D-698 (ASTM es la American Society for Testing Materials, Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales) para el ensayo Proctor Estándar y la ASTM D-1557 para el ensayo Proctor modificado; y la establecida por la SCT, mediante el Manual M-MMP-1-09/06 Compactación

Tabla 5.26 Módulo de reacción del suelo (E') según el material y grado de compactación de acuerdo a la norma ASTM D2321 (unidades en MPa (psi))

ASTM D 2321		Material de envoltura para tuberías				Módulo de reacción (E') para grado de compactación				
CI	Descripción	ASTM D 2487		AASH-TO M43	Den. Min. Proctor	Altura Capa Relleno	Volteo	<85%	85-95%	>95%
		Not	Descripción							
IA	Agregados fabricados y bien graduados		Piedras o rocas angulares trituradas, grava triturada, escoria triturada con espacios largos o pequeños o con finos	5	Volteo	450 mm	1000 (5900)	3000 (20700)	3000 (20700)	3000 (20700)
			Rocas angulares trituradas otros materiales IA y mezcla de arena/roca con pocos finos y sin finos	56						
II	Suelos granulares limpios y pesados	GW	Grava bien gradada, mezcla grava/arena con pocos finos y sin finos	57	85%	300 mm	NR	1000 (6000)	2000 (13800)	3000 (20700)
		GP	Grava bien gradada, mezcla grava/arena con pocos finos y sin finos	67						
III	Suelos pesados granulares con finos	SW	Arenas bien gradadas		90%	229 mm	NR	NR	1000 (6000)	2000 (13800)
		SP	Arenas mal gradadas, arenas, gravillas con pocos finos y sin finos							
		GM	Grava limosa, mezcla de grava/arena/limo	Grava						
		GC	Grava arcillosa, mezcla de grava/arena/arcilla	Arena						
IVa	Suelos pesados inorgánicos con finos	SM	Arenas limosas mezcla de arena/limo	<10% finos	NR	NR	NR	NR	NR	1000 (6000)
		SC	Arenas arcillosas							
		SP	Limos inorgánicos y arenas finas y limos con poca plasticidad							
		SP	Arcilla inorgánica con baja a media plasticidad, gravilla, arenillas o arcillas limosas, arcilla pobre							

AASHTO, que describe los procedimientos de prueba AASHTO T 99-95 y AASHTO modificado T 180-95, para determinar mediante la curva de compactación, la masa volumétrica seca máxima y el contenido de agua óptimo de los materiales para terracerías compactadas (ver Ilustración 5.87 e Ilustración 5.88).

#### 5.7.4.6 Relleno inicial

Los materiales del relleno inicial se requieren para dar un desempeño estructural adecuado a la tubería, el relleno inicial necesita sólo extenderse hasta  $\frac{3}{4}$  del diámetro del tubo. Sin embargo las especificaciones ASTM extienden el relleno inicial hasta 0.15 m o 0.30 m por encima del lomo de tubo para proporcionar protección al tubo de las operaciones de construcción durante la colocación del relleno final y proteger al tubo de piedras y cascajo en el relleno final. Se pueden usar como relleno inicial materiales clase I, II o III. Sin embargo:

Los materiales clase I deben ser usados en zanjas húmedas si se usan materiales clase I para el encamado y el acostillado.

Los materiales clase II se deben acomodar en capas de 0.15 metros.

Ilustración 5.87 Relleno forma simétrica a ambos lados de la tubería



Los materiales clase III se deben compactar en capas de 0.15 m hasta el 90 por ciento de la densidad Proctor estándar.

Los materiales clase IVa de baja plasticidad (CL-ML) no deben ser utilizados como rellenos iniciales ya que pueden ocasionar de acuerdo a su compresibilidad y expansibilidad asentamientos bruscos al saturarse bajo carga o en estado seco pueden presentar expansión al aumentar su contenido de humedad y dañar la tubería.

Los materiales clase IVb arcillas y limos de alta plasticidad y todos los materiales clase V no son recomendados para relleno inicial.

**Nota:** La inundación o el chorro (a presión) como procedimiento de compactación sólo se debe usar con la aprobación de un ingeniero experto en suelos y nunca con materiales de relleno como base de agregado.

Los materiales de Baja Resistencia Controlada (CLSM) o rellenos fluidos son materiales de relleno aceptables. Se deben tener en cuenta varias consideraciones cuando se usen rellenos de CLSM. Se deben tener previsiones para evitar la flotación del tubo durante la colocación de CLSM. Esto puede incluir el anclaje del

Ilustración 5.88 Aspecto del acostillado antes de la prueba de hermeticidad





tubo colocando relleno fluido en cada junta y dejando que el relleno cure parcialmente antes de colocar el relleno fluido a lo largo de toda la longitud del tubo.

También se pueden utilizar anclajes mecánicos tales como barras dobladas hincadas en el suelo competente o contrapesos de concreto prefabricados en cada junta para evitar la flotación.

Cuando use CLSM el relleno debe ser colocado para envolver la totalidad de la tubería a instalar (ver Ilustración 5.89).

Ilustración 5.89 Acostillado de alta resistencia con grava y relleno final de arena



#### 5.7.4.7 Relleno final

Los materiales de relleno final deben ser del mismo material que el del terraplén propuesto. Generalmente, el material excavado puede ser usado como relleno final. La colocación debe ser la misma especificada para el terraplén. En caso de no existir alguna especificación, el relleno final puede ser colocado en capas de máximo 0.30 m y compactado hasta un mínimo de 85 por ciento de la densidad Proctor estándar para evitar el excesivo asentamiento en la superficie. La compactación se debe realizar a un contenido de humedad óptimo.

El material clase IV-A podrá utilizarse bajo la supervisión del especialista en mecánica de suelos y conforme a la norma ASTM D2321 vigente.

En la compactación de relleno sobre el lomo de tubo, con al menos 0.60 m de espesor se podrá utilizar equipo ligero sin vibración. Con cubierta de 0.12 m sobre el lomo de tubo podrá emplearse compactador de rodillo liso de hasta 9 ton/eje sin vibración. Si el relleno excede 0.12 m, se recomienda utilizar rodillo liso de hasta 9 ton/eje con vibración.

Deberá tomarse en cuenta el criterio del especialista en mecánica de suelos. La supervisión de la obra deberá de llevar registros de deflexión del tubo durante el proceso de instalación para diámetros de 36" o mayores, especialmente durante las primeras pasadas del equipo de compactación, a fin de garantizar el adecuado comportamiento mecánico de la tubería. La deflexión no deberá exceder el 5 por ciento del diámetro interior del tubo.

En caso de presentarse nivel freático o afloramiento de agua, la instalación de tubería se realizará abatiendo el nivel del agua por abajo del encamado. Se puede utilizar un encamado granular clase I, con el espesor suficiente para drenar el agua freática rápidamente hacia un cárcamo de bombeo. Se podrá utilizar otro método de drenado avalado por un especialista en mecánica de suelos. Por ningún motivo se recomienda instalar la tubería en presencia de agua.

#### 5.7.4.8 Cargas vehiculares y de construcción

La tubería de polietileno de alta densidad PEAD está diseñada para soportar cargas vivas (H-20 20 ton (40 000 lbs) por eje-carga

legal) con un recubrimiento de 0.30 m. Esto asume un recubrimiento bien compactado e incluye el material de sub-base para instalaciones bajo pavimento. Para las tuberías de 1.22 m (48”) y 1.52 m (60”), el recubrimiento mínimo para cargas H-25 es de 0.60 m (ver Ilustración 5.90).

Ilustración 5.90 Acostillado y relleno de grava para recubrimiento mínimo



Durante la construcción, evite cargas de equipos pesados, > 20 ton (>40 000 lbs por eje) sobre el tubo. Se debe colocar un recubrimiento temporal adicional de 0.30 m sobre el tubo para cruces con carga de construcción pesada. Los hidromartillos o compactador eshoe – pak no pueden ser usados sobre el tubo hasta que no se haya colocado por lo menos 1.20 m de recubrimiento adicional.

#### 5.7.4.9 Conexiones a pozos de visita

Se debe dar especial atención al desempeño del proyecto especificado cuando se seleccionan las conexiones a los pozos de visita. Cuando se realiza la conexión en los pozos de visita con la tubería inyectando lechada o mortero entre el tubo y el pozo se debe usar un material que no presente contracción, de esta manera se logra realizar una instalación con hermeticidad al suelo. Un empaque colocado en una corrugación del tubo en aproximadamente el centro

de la pared del pozo de visita trabajará como retenedor de agua. Este retenedor de agua debe proporcionar una instalación con hermeticidad a los limos. Cuando conecte a pozos de visita, asegúrese de que exista relleno bajo el tubo adyacente al pozo de visita para evitar un posible asentamiento diferencial.

#### 5.7.4.10 Manga de empotramiento

Una Manga de Empotramiento une herméticamente una tubería plástica a registros de albañal o pozo de visita de concreto o ladrillo, construidos en sitio o en el lugar de la obra, y su objetivo es garantizar la estanqueidad de la unión tubo-pozo de visita y así garantizar la hermeticidad hacia los agentes externos que exige la NOM-001-CONAGUA-2011.

La Manga de Empotramiento es un anillo fabricado de Poliuretano (PUR), diseñada para recibir tubos y conexiones serie métrica de 0.10 m (4”) a 1.52 m (60”) de diámetro nominal, que tiene la principal característica de adherirse al concreto o mezclas de mortero cemento-arena, lo que permite una unión al pozo de visita muy sólida y hermética; complementándose con empaques elastoméricos para sellar exteriormente la tubería que se conecta al pozo de visita, lo que permite una unión monolítica de un medio flexible (plástico) a uno rígido (concreto o mortero), sin que se generen concentraciones de esfuerzos, logrando una unión hermética.

La Manga de Empotramiento protege a los tubos conectados ante cualquier movimiento diferencial lineal o angular que se presente por un asentamiento. La textura de la superficie exterior de la Manga de Empotramiento garantiza una firme unión y el empaque de material elastómero Tipo III, al interior apto para uso en drenaje.

#### 5.7.4.11 Conexión de derivaciones

Las conexiones de derivaciones se pueden llevar a cabo usando accesorios como tees reductoras prefabricadas, abrazadera tipo silleta o inserta tee. Los accesorios como las tee reductoras prefabricadas son usando procedimientos de instalación normales para las juntas especificadas. Las abrazaderas tipo silleta son acoples banda con una campana soldada sobre el centro del acople banda. Un círculo de 1" más grande que el diámetro nominal de la derivación que presente la abrazadera tipo silleta debe ser realizado en la línea principal donde se pretenda instalar el accesorio, o dos medios círculos en los extremos de la tubería de la línea principal, si esta va a ser colocada como un acoplamiento y además como derivación. Los tubos deben ser alineados con la abrazadera tipo silleta envolviendo todo alrededor del tubo y asegurada con amarres de nylon. Las conexiones "Inserta-Tee" se pueden hacer en el lugar a lo largo de la longitud del tubo. La instalación de una "Inserta-Tee" debe seguir las recomendaciones del fabricante. En general la instalación involucra el marcado del lugar de la derivación, se perfora un orificio usando un taladro circular con el tamaño para la "Inserta-Tee", se insertan en el hueco una bota de neopreno y una extremidad campana de PEAD junto con el tubo de polietileno.

#### 5.7.4.12 Accesorios

Los accesorios estándar incluyen tees, codos, reductores y tapones. Adicionalmente, una línea completa de accesorios múltiples y componentes está disponible para el manejo de sistemas subterráneos. Todos los accesorios están disponibles con juntas que son compatibles con

el tubo usado en cada uno de los proyectos, esto precisamente para proporcionar el sistema lo más completo posible.

#### 5.7.4.13 Conexiones y reparación en campo

Las conexiones de campo pueden ser necesarias para completar tramos de tubo para longitudes de tubería cortos o para reparaciones de tubos dañados durante la construcción. Las conexiones y reparaciones de campo deben ser realizadas con acoples compatibles con el sistema general del proyecto. Para instalaciones que requieran juntas con hermeticidad al agua, es necesario sellar los orificios de ventilación con polietileno fundido o con un adhesivo adecuado, esto cuando se corte en campo. Los siguientes métodos son aplicables tanto para conexiones en campo como para reparaciones:

##### ***Reparación menor a una tubería***

Si el daño es únicamente un hueco o una grieta en la pared de la corruga y es menor a un cuarto del diámetro del tubo en área y el tubo no está bajo pavimento, limpie el tubo y centre un cople banda sobre el área dañada y asegure perfectamente con amarres de nylon.

Si el daño excede los criterios anteriores o si el tubo está bajo pavimento, corte y quite el tubo dañado, retire la sección de tubo dañado y coloque un par de coples de reparación en cada extremo opuesto de la nueva sección del tubo en la zanja y asegure los coples banda con amarres de nylon (ver Ilustración 5.91 e Ilustración 5.92).

Para realizar uniones con coples de reparación, siga los pasos siguientes:

Ilustración 5.91 Reparación con un cople banda

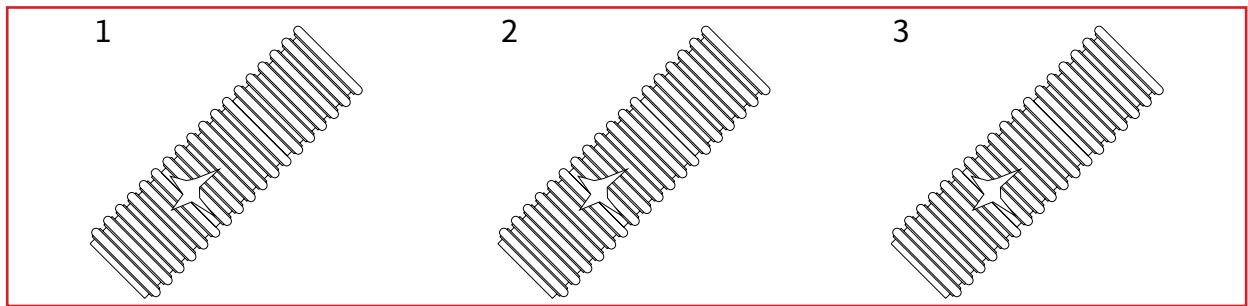
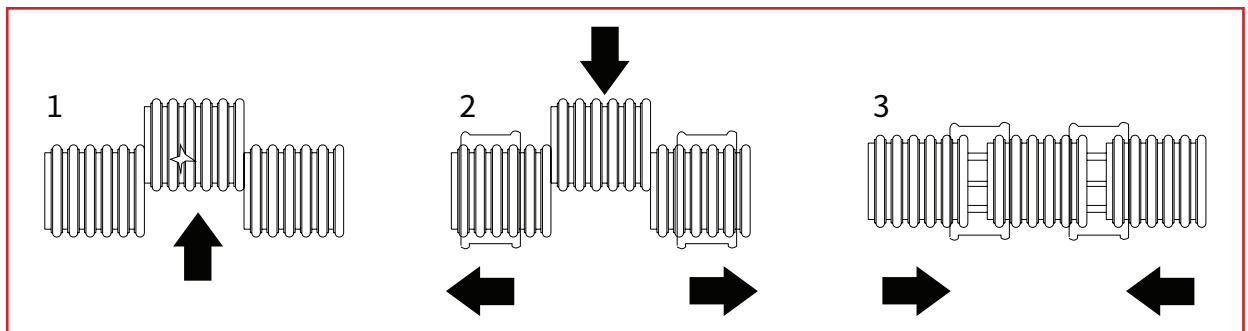


Ilustración 5.92 Unión con un cople de reparación



- El tubo debe ser cortado más allá del área dañada y removido
- Se deberán colocar empaques de valle en cada extremo de la línea que se va a reparar y en ambos extremos de la nueva sección de tubo a colocar
- Deslizar los coples hacia adentro para permitir el libre paso de la sección de remplazo
- Insertar la sección de remplazo y deslizar nuevamente los coples de reparación para lograr la junta hermética al agua en ambos extremos de la unión

Los extremos del tubo deberán estar limpios y libres de escombros. En caso de usar un acople de reparación tipo Mar-Mac u otro similar, la película protectora sobre el acople de campo debe ser pelada mientras se adhiere el cople al tubo.

Una vez que el acople este en su lugar, las bandas de amarre pueden ser apretadas para proporcionar hermeticidad al agua. La película protectora sobre el sello de traslape puede ser removida entonces para completar la instalación.

#### 5.7.4.14 Deflexiones

La tubería de polietileno de alta densidad PEAD puede ser colocada en un alineamiento curvilíneo como una serie de tangentes (secciones rectas) deflectadas horizontalmente en cada junta. Sin embargo la cantidad de deflexión depende del tipo de junta seleccionada. Típicamente las juntas del tubo de PEAD se pueden acomodar únicamente con ángulos de deflexión pequeños ( $< 1^\circ$ ) y mantener el desempeño de la junta con hermeticidad.

Los coples banda también permitirán pequeños ángulos de deflexión (aproximadamente de  $1^\circ$  a  $1.5^\circ$ ). Las juntas pueden permitir un ángulo de de-

flexión mayor (aproximadamente de 1° a 3°); sin embargo, el sello de hermeticidad al agua puede ser afectado en ángulos de deflexiones mayores.

## 5.7.5 INSPECCIÓN

### 5.7.5.1 Inspección visual

Generalmente es una buena práctica realizar una inspección visual para asegurarse que se ha logrado un buen alineamiento y pendiente. Es importante entender que bajo condiciones normales, cualquier deflexión diametral será notada dentro los primeros treinta días después de la instalación y generalmente entre el 2do y 3er día la mayoría de las deflexiones diametrales (aproximadamente 90 – 95 por ciento) serán notorias.

Esto permite al inspector la oportunidad de revisar la tubería inmediatamente después de la instalación con la posibilidad de notar las deficiencias antes de que se termine el proyecto. La inspección debe ser realizada después de que el tubo ha sido colocado y rellenado a las profundidades que marca el proyecto, pero puede ser antes de que el pavimento final haya sido colocado. A continuación se esbozan varios métodos de inspección comúnmente especificados para tuberías flexibles (plásticas y metálicas).

Una inspección visual usualmente revelará alineamientos y pendientes inadecuadas, así como una deflexión diametral excesiva. Para la mayoría de los proyectos, los cuales especifican un desempeño de las juntas con sello hermético, una inspección visual es suficiente para asegurar una instalación exitosa. Se aconseja tener cuidado cuando se inspeccione un tubo o al entrar a un pozo de visita o estructura de boca toma para asegurar el cumplimiento de todas las regulaciones de la OSHA.

### 5.7.5.2 Prueba de Hidrostática

La realización de prueba hidrostática en campo, debe ser de acuerdo con la NOM-001-CONAGUA-2011.

## 5.8 SEGURIDAD

### 5.8.1 RECEPCIÓN Y DESCARGA

- Sólo operadores de equipo autorizados se les permitirá descargar el tráiler
- Vista casco de seguridad, zapatos, guantes y protección de ojos, aprobados
- Estacione el camión y el tráiler en tierra nivelada antes de empezar la descarga
- Mantenga a todas las personas no autorizadas fuera del área cuando el chofer libere los amarres del tráiler durante la descarga
- No libere el fleje alrededor del marco de madera hasta que las tarimas o marres se han colocado en el suelo nivelado y no se moverán otra vez como una unidad
- Conozca las habilidades y capacidades de carga de su equipo de levantamiento. Nunca las exceda
- No se pare o camine sobre los tubos durante la maniobra de descarga
- Si la descarga es en puntos múltiples, asegure las tarimas entre puntos de descarga Siempre descargue primero las tarimas
- Nunca amarre cadenas o cuerdas al tubo, éstos podrían dañarlo
- No empuje las tarimas fuera del tráiler, ni permita que el tubo se deslice al suelo
- En el caso de Tubo de Polietileno Reforzado de Acero, no apile el tubo más allá de dos pallets de alto. Las pilas de tres o más tarimas pueden dañar los tubos del

fondo y puede hacerse inestable

- Únicamente use astas recomendadas de descarga para levantar el tubo. El uso de astas no recomendadas puede provocar prácticas no seguras y el daño de la tubería

**Advertencia:** La caída o el tubo rodando puede causar lesiones personales severas o muerte. A pesar de las instrucciones contenidas en este manual, es responsabilidad del consignatario o agente del consignatario que planee los procedimientos de descarga y manejo.

**Importante:** Todos los tubos fabricados con petroquímicos pueden incendiarse y por ello no es recomendable su uso para aquellas aplicaciones donde pueda verse expuesto al excesivo calor o las llamas. Durante la instalación se debe tener cuidado de no exponer el tubo a las chispas causadas por las soldaduras, las llamas de un soplete u otras fuentes de calor, llamas o electricidad que pudieran incendiar el material del tubo. Esta precaución es especialmente importante cuando se trabaja con químicos volátiles en la realización de juntas laminadas, o durante la reparación o modificación del tubo en obra.

#### 5.8.1.1 Recomendaciones en zanja

Dadas las consecuencias que se pueden presentar durante el proceso de instalación de una tubería deben adoptarse medidas preventivas, las cuales pueden resumirse en:

- El personal que va a trabajar en el interior de las zanjas debe conocer los riesgos a los que puede estar sometido
- Para acceder o salir de una zanja deben utilizarse escaleras de mano, anclada en

el borde superior de la zanja y apoyada sobre una superficie sólida de reparto de cargas. Para pasar por encima de una zanja se deben instalar pasarelas adecuadas. Nunca debe pasarse sobre los elementos del apuntalamiento

- Deben prohibirse los acopios (tierras, materiales, etc.) a una distancia menor a 0.50 m, como regla, del borde de la zanja;
- Cuando la profundidad de la zanja sea igual o superior a los 2 m se deben proteger los bordes mediante una barandilla situada a una distancia mínima de 2 m
- Si la profundidad de la excavación es menor a 2 m, puede instalarse una señalización de peligro (puede ser una línea de yeso o cal situada a 2 m del borde de la zanja, cuerda con banderolas, etcétera)
- Se deben revisar los taludes o cortes a intervalos regulares, para evitar desprendimientos debido al uso de martillos neumáticos, compactadores, excavadoras, etcétera
- Se debe efectuar el achique inmediato de las aguas que afloran o caen en el interior de la zanja, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes
- Todos los apuntalamientos deben ser revisados periódicamente

#### 5.8.1.2 Normas Oficiales Mexicanas

- NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad. D.O.F. 24-XI-2008

- NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad de la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo. D.O.F. 31-V-1999
- NOM-006-STPS-2000, Manejo y almacenamiento de materiales - Condiciones y procedimientos de seguridad. D.O.F. 9-III-2001
- NOM-009-STPS-2011, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura. D.O.F. 6-V-2011
- NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. D.O.F. 17-IV-2002
- NOM-014-STPS-2000, Exposición laboral a presiones ambientales anormales-Condiciónes de seguridad e higiene. D.O.F. 10-IV-2000
- NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal - Selección, uso y manejo en los centros de trabajo. D.O.F. 9-XII-2008
- NOM-019-STPS-2011, Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene. D.O.F. 13-IV-2011
- NOM-021-STPS-1993, Relativa a los requerimientos y características de los informes de los riesgos de trabajo que ocurran, para integrar las estadísticas. D.O.F. 24-V-1994
- NOM-024-STPS-2001, Vibraciones – Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo. D.O.F. 11-I-2002.
- NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. D.O.F. 20-XII-2008
- NOM-030-STPS-2009, Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo - Funciones y actividades. D.O.F. 22-XII-2009
- NOM-031-STPS-2011, Construcción - Condiciones de seguridad y salud en el trabajo. D.O.F. 4-V-2011
- NOM-113-STPS-2009, Seguridad - Equipo de protección personal - Calzado de protección - Clasificación, especificaciones y métodos de prueba. D.O.F. 22-XII-2009
- NOM-115-STPS-2009, Seguridad - Equipo de protección personal - Cascos de protección - Clasificación, especificaciones y métodos de prueba. D.O.F. 22-XII-2009
- NOM-116-STPS-2009, Seguridad - Equipo de protección personal - Respiradores purificadores de aire de presión negativa contra partículas nocivas – Especificaciones y métodos de prueba. D.O.F. 22- XII-2009

## 5.8.2 RECOMENDACIONES DE OPERACIÓN

En el libro *Operación y mantenimiento de redes de alcantarillado* del MAPAS se describen las operaciones y equipos utilizados en el mantenimiento de un sistema de alcantarillado sanitario.

Tabla 5.27 Clases de materiales para encamado y relleno final

Clase	Tipo	Símbolo del grupo de suelo (de acuerdo a ASTM D 2487)	Descripción	Porcentaje pasando las mallas No.			Límites de Atterberg		Coeficientes	
				1 1/2" (40 mm)	No. 4 (4.75 mm)	No. 200 (0.075 mm)	LL	PI	Uniformidad Cu	Curvatura Cc
IA	Agregados manufacturados: graduación abierta, limpios	Ninguno	Angulares, piedra o roca triturada, grava triturada, coral triturado, escoria, cenizas o conchas trituradas; alto contenido de vacíos, contienen poco o ningún material fino.	100 %	≤ 10 %	< 5 %	No plástico			
				100 %	≤ 50 %	< %5	No plástico			
IB	Agregados procesados, manufacturados graduados densamente, limpios	Ninguno	Angulares, roca triturada (u otro material clase 1A) y mezclas piedra/arena con graduaciones seleccionadas para minimizar la migración de suelos adyacentes; contienen poco o ningún material fino (ver A.8)	100 %	≤ 50 %	< %5	No plástico			
				100 %	≤ 50 %	< %5	No plástico			
II	Suelos de grano grueso, limpios	GW	Gravas bien graduadas y mezcla de grava-arena; poco o ningún material fino	100 %	< 50 % de la "Fracción Gruesa"	< %5	No plástico		1 a 3	1 a 3
			Gravas bien graduadas y mezcla de grava-arena; poco o ningún material fino		> 50 % de la "Fracción Gruesa"			< 1 ó > 3		< 1 ó > 3
		SW	Arenas bien graduadas y gravas arenosas; poco o ningún material fino					1 a 3		1 a 3
		SP	Arenas bien graduadas y gravas arenosas; poco o ningún material fino					< 1 ó 3		< 1 ó 3
		ej. GW-GC, SP-SM	Arenas y gravas con que se encuentren en la frontera entre materiales limpios y con finos		Varía	%5 a 12 %			Los mismos que para GW, GP, SW Y SP	



Tabla 5.27 Clases de materiales para encamado y relleno final (continuación)

Clase	Tipo	Símbolo del grupo de suelo (de acuerdo a ASTM D 2487)	Descripción	Porcentaje pasando las mallas No.			Límites de Atterberg		Coeficientes	
				1 ½" (40 mm)	No. 4 (4.75 mm)	No. 200 (0.075 mm)	LL	PI	Uniformidad Cu	Curvatura Cc
III	Suelos de grano grueso con finos	GM	Gravas limosas, mezclas de gravas-arenas-limos	100 %	< 50 % de la "Fracción Gruesa"	12 % a 50 %		< 4 ó < Línea A		
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas-arenas-arcillas					< 7 y > Línea A		
		SM	Arenas limosas, mezclas de arenas-limos		> 50 % de la "Fracción Gruesa"			< 4 ó < Línea A		
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arenas-arcillas					< 7 y > Línea A		
IVA*	Suelos con grano fino (inorgánicos)	ML	Limos inorgánicos y arenas muy fina polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, limos con poca plasticidad	100 %	100 %	> 50 %	< 50	< 4 ó < Línea A		
			Arcillas inorgánicas de baja a mediana plasticidad, gravas arcillosas, arenas arcillosas, arcillas limosas, arcillas rebajadas					< 7 y > Línea A		
IVB	Suelos con grano fino (inorgánicos)	ML	Limos inorgánicos, arenas finas micáceas o diatomáceas o suelos limosos, limos elásticos	100 %	100 %	> 50 %	> 50	< Línea A		
			Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesas					> Línea A		
V	Suelos Orgánicos	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	100 %	100 %	> 50 %	< 50	< 4 ó < Línea A		
		OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos				> 50	< Línea A		
		PT	Turba y otros suelos con alto contenido orgánico							

Tabla 5.28 Recomendaciones para la instalación y utilización de suelos y agregados para cimentaciones, plantilla y rellenos

Clase de Suelo ( Ver Tabla )*					
	Clase IA	Clase IB	Clase II	Clase III	Clase IV-A
Relleno Acostillado	Apropiados de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Instálelos y compactelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme	Apropiados de acuerdo a la restricciones mencionadas anteriormente, instálelos y compactelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Apropiados de acuerdo a la restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos y compactelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Apropiados solamente en zanjias secas y en donde se mantenga una colocación óptima y un control de la compactación. Instálelos y compactelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme
Relleno Inicial	Apropiados de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Instálelos y compactelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Apropiados de acuerdo a la restricciones mencionadas anteriormente, instálelos y compactelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Apropiados de acuerdo a la restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos y compactelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.	Apropiados solamente en zanjias secas y en donde se mantenga una colocación óptima y un control de la compactación. Instálelos y compactelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano alrededor del tubo para proporcionar un soporte uniforme.
Compactación del encarnado**	Colóquelos a mano para asegurar que todos los vacíos y las áreas de soporte lateral (rinconeras) estén llenos. Para obtener altas densidades utilice compactadores vibratorios.	Densidad Proctor estándar*** mínima 85%. Utilice "tamperers" manuales o compactadores vibratorios.	Densidad Proctor estándar*** mínima 85%. Utilice "tamperers" manuales o compactadores vibratorios.	Densidad Proctor estándar*** mínima 90%. Utilice "tamperers" manuales o compactadores vibratorios. Mantenga el contenido de humedad cerca del óptimo para minimizar el esfuerzo de compactación.	Densidad Proctor estándar*** mínima 95%. Utilice "tamperers" manuales o compactadores vibratorios. Mantenga el contenido de humedad cerca del óptimo para minimizar el esfuerzo de compactación.
Relleno Final	Compacte de acuerdo a lo solicitado por el ingeniero.	Compacte de acuerdo a lo solicitado por el ingeniero.	Compacte de acuerdo a lo solicitado por el ingeniero.	Compacte de acuerdo a lo solicitado por el ingeniero.	Apropiados de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente. Compacte de acuerdo a lo solicitado por el ingeniero.

Tabla 5.28 Recomendaciones para la instalación y utilización de suelos y agregados para cimentaciones, plantilla y rellenos (continuación)

Clase de Suelo ( Ver Tabla )*					
	Clase IA	Clase IB	Clase II	Clase III	Clase IV-A
Recomendaciones generales y restricciones	No utilizarlos donde las condiciones existentes pudieran causar la migración de finos del suelo adyacente y la tubería. Apropriados para utilizarlos como sábanas de drenaje y subdrenes en cortes de roca donde el material adyacente esta apropiadamente graduado (ver anexo A.8).	Procese los materiales según se requiera para obtener una graduación tal que minimiza la migración de materiales adyacente (ver anexo A.8). Aprobados para utilizarlos como sábanas de drenaje y subdrenes.	Donde existe gradiente hidráulico, revise la graduación para minimizar la migración. Grupos "limpios" son apropiados para utilizarlos como sábanas de drenaje y subdrenes.	No los utilice donde las condiciones del agua en la zanja puedan causar inestabilidad.	Obtenga una evaluación geotécnica del material propuesto. Este puede no ser apropiado para rellenos altos de suelo, superficies con altas cargas de tráfico, compactadores y "tamperers" vibratorios pesados. No los utilice donde las condiciones del agua puedan causar inestabilidad.
Cimentación	Apropriados para cimentaciones y para el reemplazo del fondo de una zanja sobre-excavada e inestable de acuerdo a las restricciones mencionadas arriba. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6").	Apropriados para cimentaciones y para el reemplazo del fondo de una zanja sobre-excavada e inestable. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6").	Apropriados para cimentaciones y para el reemplazo del fondo de una zanja sobre-excavada e inestable de acuerdo a las restricciones mencionadas arriba. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6").	Apropriados para cimentaciones y para el reemplazo del fondo de una zanja sobre-excavada e inestable de acuerdo a las restricciones mencionadas arriba. No los utilice en espesores totales mayores a 300 mm (12"). Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6").	Apropriados solamente en condiciones no alteradas y en zanjas secas. Retire todo el material suelto y proporcione un fondo de zanja firme y uniforme antes de colocar el lecho.
Plantilla	Apropriados de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente. Instálelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano el nivel final para proporcionar un soporte uniforme al tubo. Espesor mínimo de 100 mm (4"). (150 mm para cortes en roca).	Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano el nivel final para proporcionar un soporte uniforme al tubo. Espesor mínimo de 100 mm (4"). (150 mm para cortes en roca).	Apropriados de acuerdo a las restricciones anteriores. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano el nivel final para proporcionar un soporte uniforme al tubo. Espesor mínimo de 100 mm (4"). (150 mm para cortes en roca).	Apropriados solo en condiciones de zanja seca. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano el nivel final para proporcionar un soporte uniforme al tubo. Espesor mínimo de 100 mm (4"). (150 mm para cortes en roca).	Apropriados solamente en zanjas secas y en donde se mantenga una colocación óptima y un control de la compactación. Instálelos y compáctelos en capas con espesor máximo de 150 mm (6"). Trabaje a mano el nivel final para proporcionar un soporte uniforme al tubo. Espesor mínimo de 100 mm (4"). (150 mm para cortes en roca).

\* Materiales clase IV-B (MH-CH) y clase V (OL, OH, PT) no son apropiados para el encamado. Se pueden utilizar como relleno final si el Ingeniero lo permite.

\*\* Cuando se utilicen compactadores mecánicos evite el contacto con el tubo. Cuando se esté compactando sobre la corona del tubo, mantenga una cubierta de 150 mm (6") cuando se usen compactadores pequeños. Cuando se utilicen compactadores mayores mantenga las cubiertas mínimas de acuerdo a lo indicado por el Ingeniero.

\*\*\* Las densidades mínimas dadas en la tabla tienen la intención de ser los requisitos mínimos para obtener una rigidez del lecho satisfactoria en la mayoría de las condiciones de instalación.

## CONCLUSIONES

Con el presente documento se da a los organismos operadores las recomendaciones para diseñar y seleccionar los componentes de una red de alcantarillado sanitario que aseguren un adecuado funcionamiento, desde las descargas domiciliarias hasta la disposición final de las aguas residuales. El presente libro busca ser un instrumento de referencia y consulta de los proyectistas, constructores, dependencias, empresas y organismos operadores para la elaboración de los proyectos.

Se ha recopilado el material y las normas actualizadas, tanto nacionales como extranjeras, que rigen en la materia y que se consideran útiles para el diseño de redes de alcantarillado. Así, se ha logrado reunir las en una sola publicación. Se dan las recomendaciones que se consideran pertinentes para lograr un buen diseño; se incluyen tablas e ilustraciones como apoyo visual de diseño al proyectista. En general, la base para el cálculo del funcionamiento hidráulico son los modelos de simulación matemática, para diferentes estados que se producen durante el funcionamiento de redes de alcantarillado; del producto de estas simulaciones se extraen resultados que serán considerados en la planificación, operación y gestión de la red.

Se debe recordar que los procedimientos, datos, modelos matemáticos y programas de cómputo, presentados en este libro, obedecen a la experiencia vertida a lo largo del tiempo por parte de los especialistas en la materia y de los proyectos en que han trabajado. Sin embargo, en ningún caso debe considerarse esta información como reglamento o norma oficial, más bien debe ser considerada una guía para el proceso de diseño de redes de drenaje y alcantarillado.

En el dimensionamiento de los diferentes componentes de un sistema de alcantarillado se debe analizar la conveniencia de programar las obras por etapas, cuidar que haya 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.

Para lograr un diseño eficiente y económico de la red se debe tomar en consideración las condiciones de 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 esta. Además, se debe analizar una serie de opciones o alternativas para el trazo de la red y de estas, elegir la que optimice el funcionamiento y costo; por este motivo, el diseñador o analista debe apoyarse en su juicio y experiencia.

En este libro, en concordancia con los libros *Alcantarillado sanitario de pequeño diámetro* y *Drenaje pluvial*, del MAPAS, se busca promover sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario independientes; esto ayuda a tener una mejor operación de las redes, reduce los riesgos de inundación por obstrucciones en las tuberías y optimiza el funcionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

El destino final de las aguas servidas y su tratamiento se analiza con detalle en los libros del submódulo *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales*, del MAPAS.

# A

## ANEXOS

### A.1 GENERALIDADES

Las condiciones subterráneas deben investigarse adecuadamente, antes de la construcción, para establecer los requerimientos de los materiales usados en cimentaciones, encamados y rellenos, así como los métodos de construcción. El tipo de tubería seleccionada debe estar de acuerdo con las condiciones de la obra.

### A.2 DESEMPEÑO CARGA/ DEFLEXIÓN

La tubería termoplástica se considera como conductos flexibles ya que al recibir cargas se deforman (deflectan). La relación suelo-tubo provee una estructura capaz de soportar los rellenos de suelo y las cargas vivas de magnitud considerable. El diseño, las especificaciones y la construcción del sistema suelo-tubo deben tomar en cuenta que los materiales escogidos para el encamado deben ser seleccionados, colocados y compactados, de modo que el sistema suelo-tubo actúe conjuntamente para transmitir las cargas aplicadas sin deformaciones excesivas causadas por deflexiones o distorsiones concentradas de la pared de la tubería.

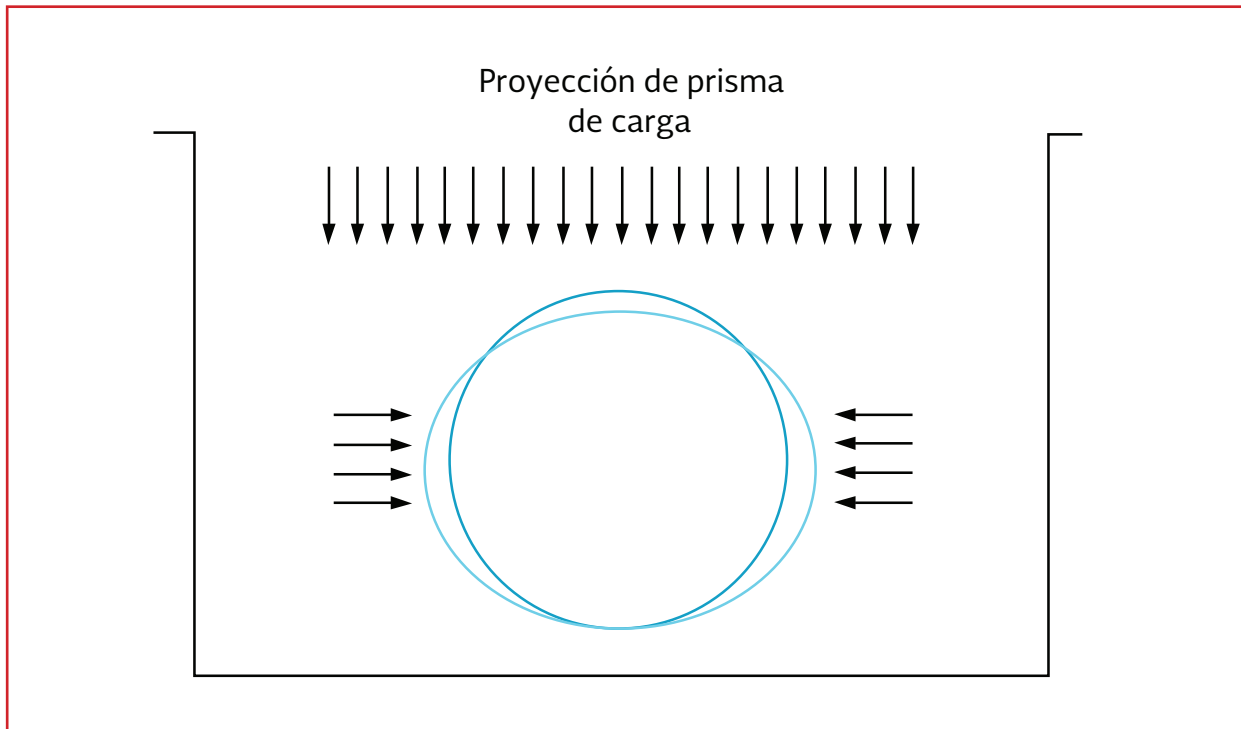
### A.3 DEFLEXIONES EN LA TUBERÍA

La deflexión de la tubería es el cambio en el diámetro del sistema suelo-tubo como resultado de los procesos de instalación de la tubería (deflexiones durante la construcción), efectos de las cargas estáticas y cargas vivas aplicadas al tubo (deflexiones inducidas por la carga), y respuesta del suelo a lo largo del tiempo (deflexiones tardías). Las deflexiones inducidas de construcción y de las cargas constituyen la deflexión inicial de la tubería (ver Ilustración A.1) Deflexiones adicionales dependientes del tiempo son atribuidas principalmente a cambios en el encamado y en el suelo del sitio así como a los asentamientos de la zanja. La suma de la deflexión inicial y de las dependientes del tiempo constituye la deflexión total.

#### A.3.1 DEFLEXIONES DEBIDAS AL PROCESO CONSTRUCTIVO

Estas deflexiones son inducidas durante el proceso de instalación y el encamado de la tubería flexible aun antes de que se apliquen cargas significativas del suelo y la superficie.

Ilustración A.1 Deflexiones en la tubería



La magnitud de las deflexiones de construcción depende en gran medida del método de compactación de los materiales y del tipo de encamado, de las condiciones de agua en la zanja, de la rigidez de la tubería, de la uniformidad del soporte del encamado, de la redondez de la tubería y de la mano de obra utilizada en la instalación. Estas deflexiones pueden ser mayores que las producidas por las cargas subsecuentes. La compactación del relleno lateral puede dar como resultado una deflexión vertical negativa (que es un incremento en el diámetro vertical y una disminución en el diámetro horizontal de la tubería).

### A.3.2 DEFLEXIONES INDUCIDAS POR CARGAS

Son el resultado de las cargas de relleno y otras cargas sobrepuestas aplicadas después de que la

tubería ha sido recubierta. La "fórmula de Iowa", atribuida a Spangler y otros métodos han sido utilizados para calcular las deflexiones resultantes de éstas cargas.

### A.3.3 DEFLEXIÓN INICIAL

Es la deflexión en el tubo ya instalado y cubierto. Es el total de las deflexiones de construcción y las inducidas por las cargas

#### *Factores dependientes del tiempo*

Estos factores incluyen cambios en la rigidez del suelo en la zona del encamado de la tubería y del suelo nativo adyacente a la zanja, así como los cambios de carga generados por asentamientos en la trinchera (consolidación) a través del tiempo. Estos cambios comúnmente se suman a las

deflexiones iniciales. Este tiempo puede variar de unos días a muchos años dependiendo del tipo de suelo, su colocación y la compactación inicial. Los factores que dependen del tiempo son comúnmente considerados mediante el ajuste de las deflexiones inducidas por la carga por un factor de deflexión tardía. El factor de deflexión tardía es la proporción de la deflexión final de carga inducida entre la deflexión inicial de carga inducida.

#### A.3.4 DEFLEXIÓN FINAL

La deflexión final es la deflexión total de la tubería a largo plazo. Consiste en la deflexión inicial ajustada por los factores dependientes del tiempo.

#### A.4 CRITERIOS DE DEFLEXIÓN

Estos criterios son a menudo usados como límites de diseño y aceptación de la instalación de tubería flexible enterrada. Los límites de deflexión para sistemas de tuberías específicos pueden derivarse de consideraciones estructurales y prácticas. Las consideraciones estructurales influyen en la tubería, fluencia, resistencia, deformación y distorsiones locales. Las consideraciones incluyen factores tales como requerimientos de flujo, facilidades para la inspección, la limpieza y el mantenimiento del sello de las uniones. Los límites de deflexión inicial y final deben basarse en las propiedades estructurales disponibles con la aplicación de factores adecuados de seguridad.

#### A.5 CONTROL DE DEFLEXIÓN

Los materiales para el encamado deben ser seleccionados, instalados y compactados para minimizar la deflexión total y para mantener, bajo cualquier circunstancia las deflexiones en la instalación dentro de los límites especificados. Los métodos de instalación, compactación y control de humedad deben ser seleccionados con base en los tipos de suelo clasificados en la Tabla 4.1 y en las recomendaciones de la Tabla 4.2. La deflexión total inducida por la carga es principalmente una función de la rigidez de la tubería y del sistema de encamado del suelo. Otros factores importantes para el control de deflexiones se describen a continuación.

#### A.6 RELLENO DEL ACOSTILLADO DEL TUBO

La ausencia de una adecuada compactación del material de encamado en la zona del acostillado puede resultar en una considerable deflexión, puesto que este material es el que soporta la carga vertical aplicada a la tubería. Un objetivo clave para la instalación de la tubería termoplástica flexible (o cualquier otro tipo de tubería), es trabajar en la compactación del material bajo la zona baja de la tubería para asegurar un contacto completo con el fondo de la tubería y para rellenar los vacíos debajo de la misma.



## A.7 MÉTODOS DE COMPACTACIÓN

Lograr la densidad deseada para un material específico depende de los métodos usados para aplicar la energía de compactación. Material limpio y granulado como piedra triturada, grava y arena son más fáciles de compactar mediante equipo vibratorio que otros materiales. Mientras que el material fino, con alta plasticidad, requiere de un mayor apisonamiento (fuerza de impacto) y un contenido de agua controlado para lograr las densidades requeridas. En la instalación en zanjas, se recomienda el uso de: compactadoras manuales (bailarinas), no sólo para prevenir daños en la tubería, si no también, para asegurar la compactación completa en áreas cercanas a la tubería o a lo largo de las paredes de la zanja. Por ejemplo, compactadoras de planchas vibratorias trabajan bien con material granular de Clase I y II, mientras que las compactadoras manuales son convenientes para materiales finos plásticos de los grupos Clase III y IV-A. Rodillos vibratorios pequeños proveen vibración y apisonamiento o fuerza de impacto y por lo tanto es útil para muchas clases de materiales de encamado y relleno.

## A.8 MIGRACIÓN

Cuando se coloca material granular y de granulometría abierta junto a material fino, éste último puede migrar dentro del material granular debido al gradiente hidráulico del flujo de agua subterránea. Gradientes hidráulicos significativos pueden presentarse durante la excavación de una trinchera cuando los niveles de agua están siendo controlados por métodos de

bombeo o pozos, o después de la construcción cuando subdrenes permeables o los materiales de encamado actúen como un drenaje “francés” bajo la acción de niveles altos de aguas subterráneas. La experiencia de campo muestra que la migración puede generar en una pérdida significativa de soporte para la tubería y la continua deflexión puede exceder los límites de diseño. La graduación y el tamaño relativo del encamado y el material adyacente deben ser compatibles para minimizar la migración. En general, cuando se prevean flujos de agua subterránea importantes, debe evitarse el colocar material granular y de granulometría abierta como los de Clase IA por encima, debajo o adyacente a materiales finos, a menos que se empleen métodos para impedir la migración como filtros de piedra o filtros de geotextil a lo largo de las fronteras de los materiales incompatibles. Para evitar la pérdida de soporte de la tubería a causa de migración de partículas finas provenientes de las paredes de la zanja dentro de los materiales de relleno de granulometría abierta, es suficiente seguir las especificaciones mínimas de anchura del relleno en A.10.

Los siguientes criterios de graduación deben ser utilizados para restringir la migración de partículas finas hacia los vacíos del material granular bajo el gradiente hidráulico:

$$A.8.1 \quad (D_{15}/D_{85}) > 5$$

Donde  $d_{15}$  es la abertura del tamiz cuyo tamaño permite el paso del 15 por ciento del peso del material más grueso y  $d_{85}$  es la abertura del tamiz cuyo tamaño permite el paso del 85 por ciento del peso de material más fino.

### A.8.2 $(D_{50}/D_{50} < 25)$

Donde  $d_{50}$  es la abertura del tamiz cuyo tamaño permite el paso del 50 por ciento del peso del material más grueso y  $d_{50}$  es la abertura del tamiz cuyo tamaño permite el paso del 50 por ciento del peso de material más grueso. Este criterio no será aplicable si el material más grueso es bien graduado.

Si el material más fino es una arcilla con plasticidad de media a alta sin arena o limo (CL o CH), los siguientes criterios pueden ser usados en lugar de A.7.1.1: ( $d_{15} < 0.5$ ) donde  $d_{15}$  es la abertura del tamiz cuyo tamaño permite el paso del 15 por ciento del peso del material más grueso.

## A.9 TAMAÑO MÁXIMO DE LA PARTÍCULA

Limitar el tamaño de partícula del material de relleno a 20 mm ( $3/4$ " ) o menor, mejora la colocación de este material para tubería de tamaño nominal de 0.20 m (8") hasta 0.38 m (15"). Para tubería más pequeña, el tamaño de partícula debe ser aproximadamente un 10% del diámetro nominal de la tubería.

## A.10 ANCHO DEL RELLENO PARA UN SOPORTE ADECUADO

En ciertas condiciones, un ancho mínimo de material de relleno es requerido para asegurar que la adecuada rigidez del mismo se desarrolla para soportar la tubería. Estas condiciones se presentan donde la resistencia lateral del sue-

lo in-situ es insignificante, tal como un suelo in-situ muy pobre (por ejemplo suelo orgánico, suelo saturado o material altamente expansivo) o lo largo de terraplenes en carreteras. Bajo estas condiciones y para una tubería de diámetro pequeño (0.30 m (12") o menos), el encamado debe ser colocado y compactado hasta un punto de al menos 2.5 diámetros de tubería para cada lado de la misma. Para tubería mayor de 0.30 m (12"), el ingeniero debe establecer el ancho mínimo del encamado basado en una evaluación de parámetros como rigidez de la tubería y rigidez del encamado, la naturaleza del suelo in-situ y la magnitud de la carga de servicios y construcción.

## A.11 OTROS CRITERIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

El diseño y la construcción de sistemas de tubería deben considerar condiciones que puedan inducir a esfuerzos cortantes excesivos, flexión longitudinal o compresión por carga en la tubería. Cargas vivas aplicadas por equipo de construcción y tráfico permanente pueden resultar en una deflexión grande y acumulada de la tubería si ésta es instalada con un encamado de alta densidad y poca profundidad. Otras fuentes de carga sobre la tubería enterrada son: congelamiento y descongelamiento del suelo cercano, niveles freáticos fluctuantes, presiones hidrostáticas debidas a aguas subterráneas y cargas concentradas por asentamientos diferenciales; tales como: pozos de visita o cimientos de edificios. Donde se asume que existen cargas externas excesivas la tubería debe ser instalada dentro de estructuras más rígidas que limiten la carga sobre ésta.

## A.12 PRUEBAS DE DEFLEXIÓN

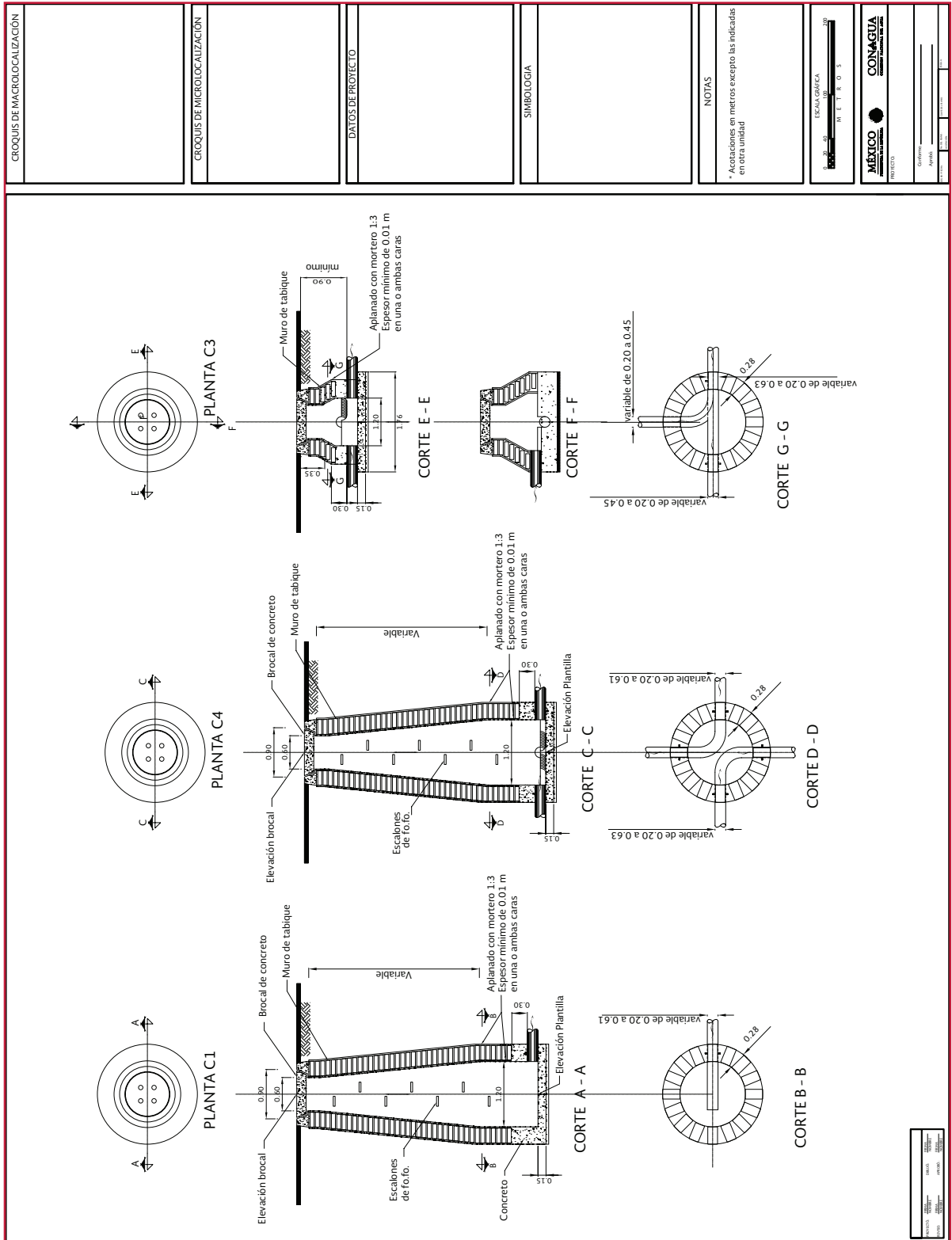
Para asegurar que los límites especificados de deflexión no sean excedidos, el ingeniero puede solicitar pruebas de deflexión de la tubería usando aparatos de medición. Las pruebas de deflexión se deben realizar, con mínimo 30 días después de la instalación para permitir que la estabilidad del sistema tubería-suelo, se haya alcanzado. Sin embargo, como una medida de control de calidad, verificaciones periódicas de deflexión pueden ser hechas durante la instalación.

Entre las opciones de aparatos para las pruebas de deflexión se encuentran deflectómetros electrónicos, televisores calibrados o cámaras de vídeo, o un calibrador apropiado “pasa, no pasa”. Las mediciones de la deflexión pueden ser hechas directamente con reglas de extensión o cintas de medición en aquellos tramos que permitan un acceso seguro en las tuberías. Para asegurar la precisión en las mediciones, se deben limpiar las líneas antes de hacer las pruebas.

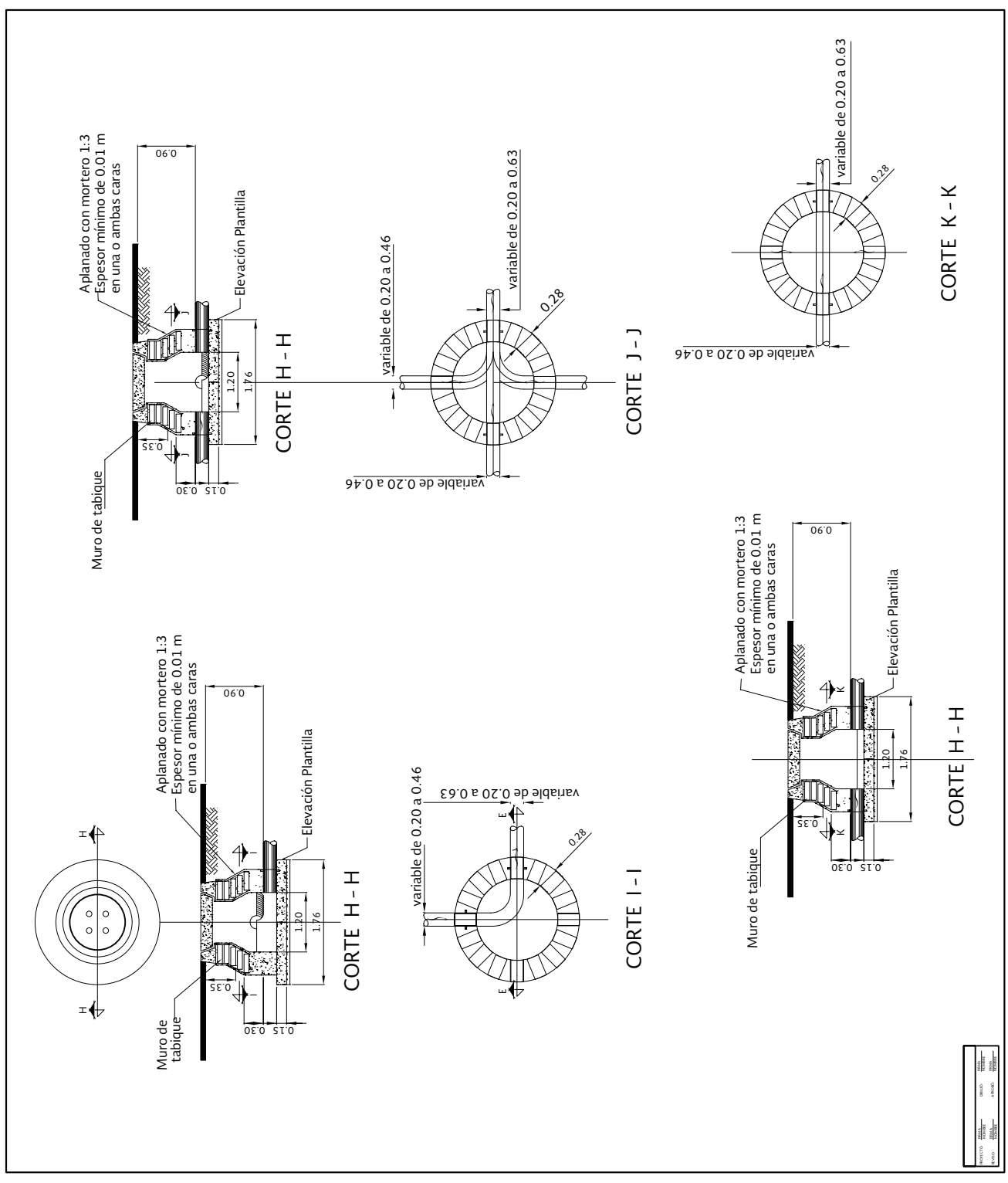
# B

## ANEXO DE PLANOS

Plano B.1 Pozo de visita común Tipo A



Plano B.2 Pozo de visita común Tipo B



CROQUIS DE MACROLOCALIZACIÓN	CROQUIS DE MICROLOCALIZACIÓN	DATOS DE PROYECTO	SIMBOLOGÍA	NOTAS

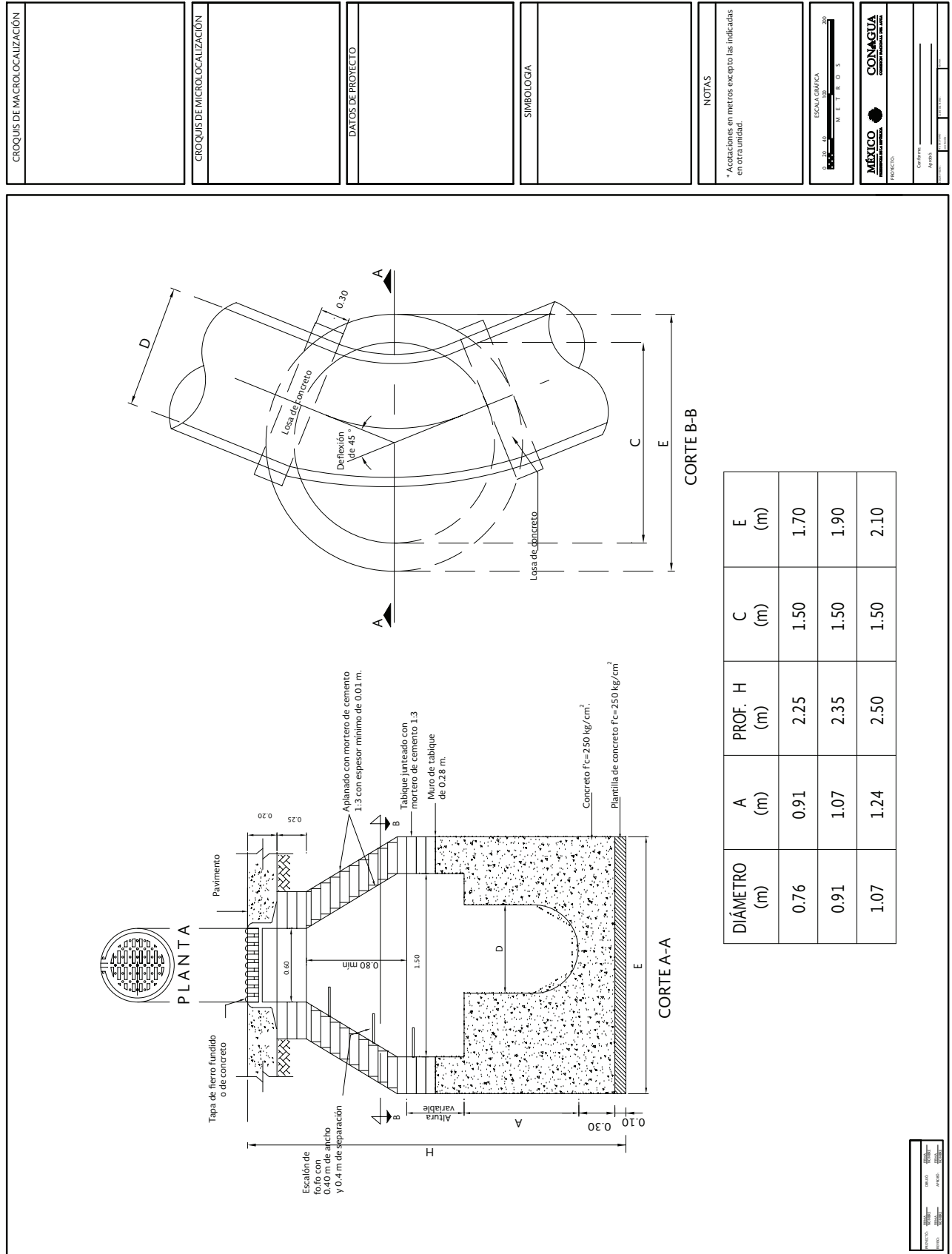
ESCALA GRÁFICA  
0 100 200  
M E T R O S

MÉXICO  
CONAGUA  
COMITÉ FEDERAL DE AGUAS

PROYECTO: \_\_\_\_\_  
 CANTÓN: \_\_\_\_\_  
 AYUDÍ: \_\_\_\_\_  
 ESTACIÓN: \_\_\_\_\_

PROYECTO	ESTADO	MUNICIPIO
AYUDÍ	AYUDÍ	AYUDÍ

Plano B.3 Pozo de visita Tipo Especial 1



CROQUIS DE MACROLOCALIZACIÓN

CROQUIS DE MICROLOCALIZACIÓN

DATOS DE PROYECTO

SIMBOLOGÍA

NOTAS

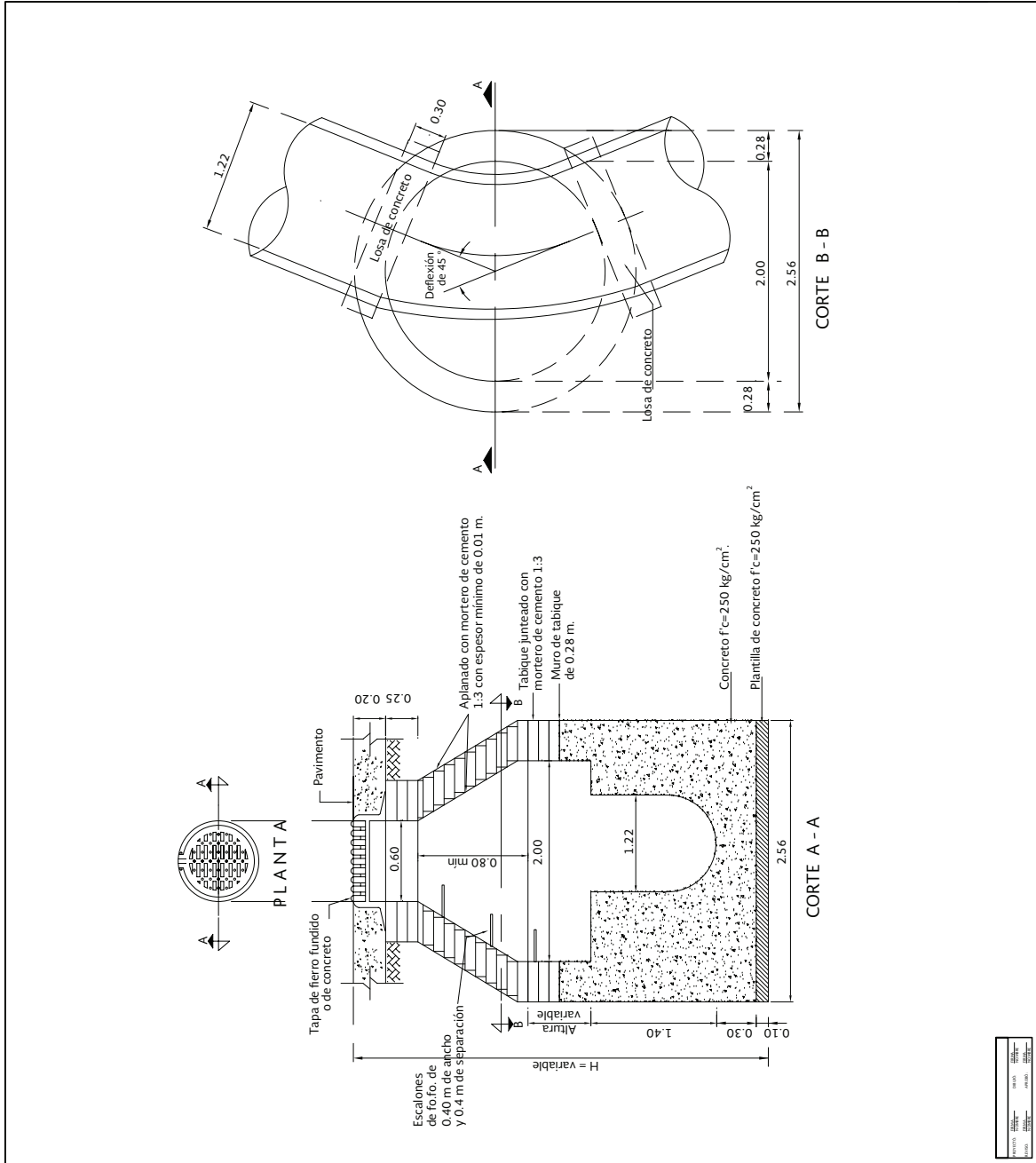
\* Acootaciones en metros excepto las indicadas en otra unidad.

ESCALA GRÁFICA  
0 20 40 100 200  
M E T R O S

MEXICO  
CONAGUA  
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

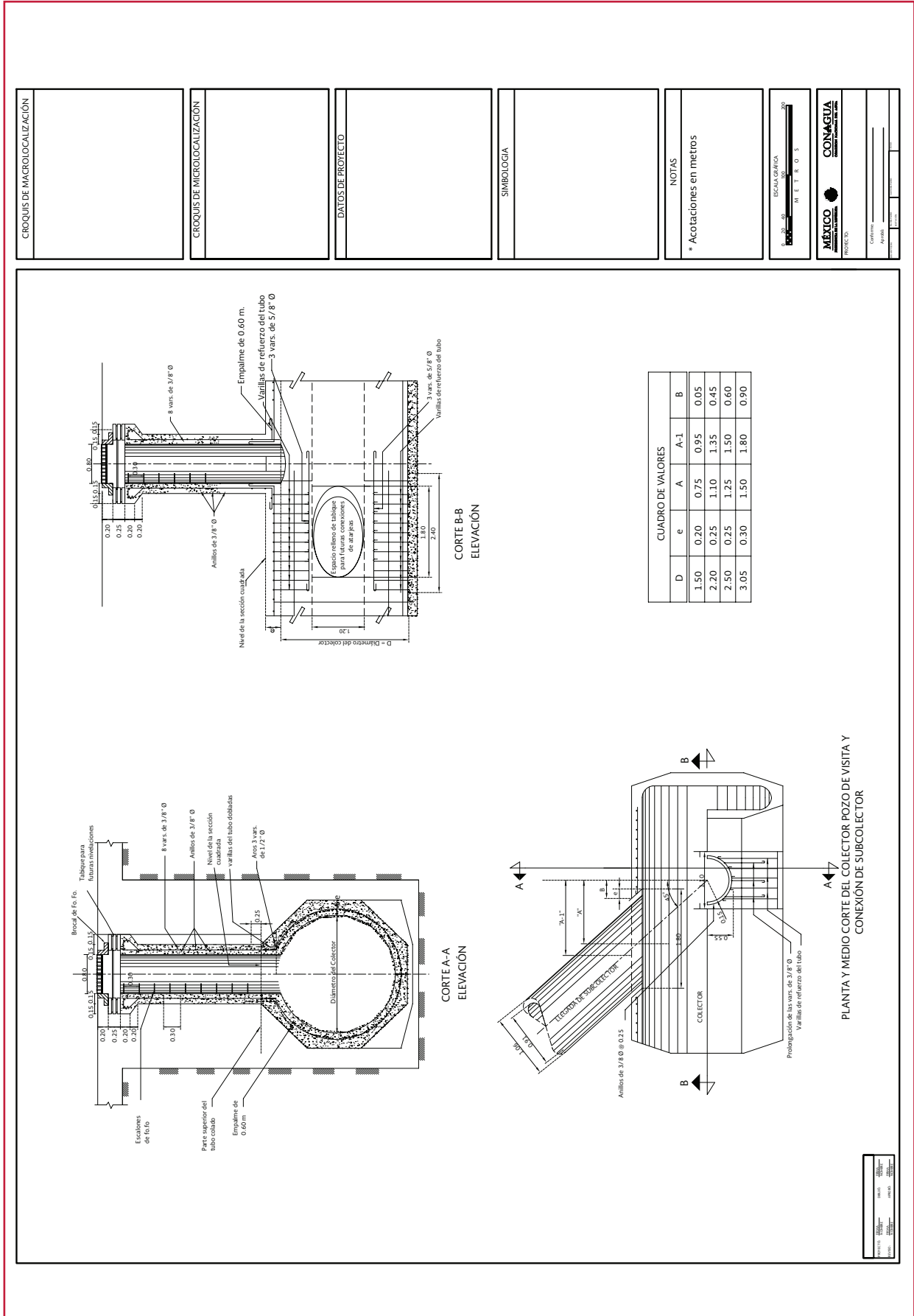
PROYECTO: \_\_\_\_\_  
CANTÓN: \_\_\_\_\_  
MUNICIPIO: \_\_\_\_\_  
FECHA: \_\_\_\_\_

Plano B.4 Pozo de visita Tipo Especial 2



CROQUIS DE MACROLOCALIZACIÓN
CROQUIS DE MICROLOCALIZACIÓN
DATOS DE PROYECTO
SIMBOLOGÍA
NOTAS
* Asociaciones en metros excepto las indicadas en otras unidades. * El armado será de acuerdo a las características de la estructura.
ESCALA GRÁFICA 0 1 2 3 4 5 M E T R O S
MÉXICO CONAGUA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
PROYECTO
ESTADO
MUNICIPIO
CANTONAMIENTO
LOCALIDAD
PROYECTANTE
PROYECTO
ESTADO
MUNICIPIO
CANTONAMIENTO
LOCALIDAD

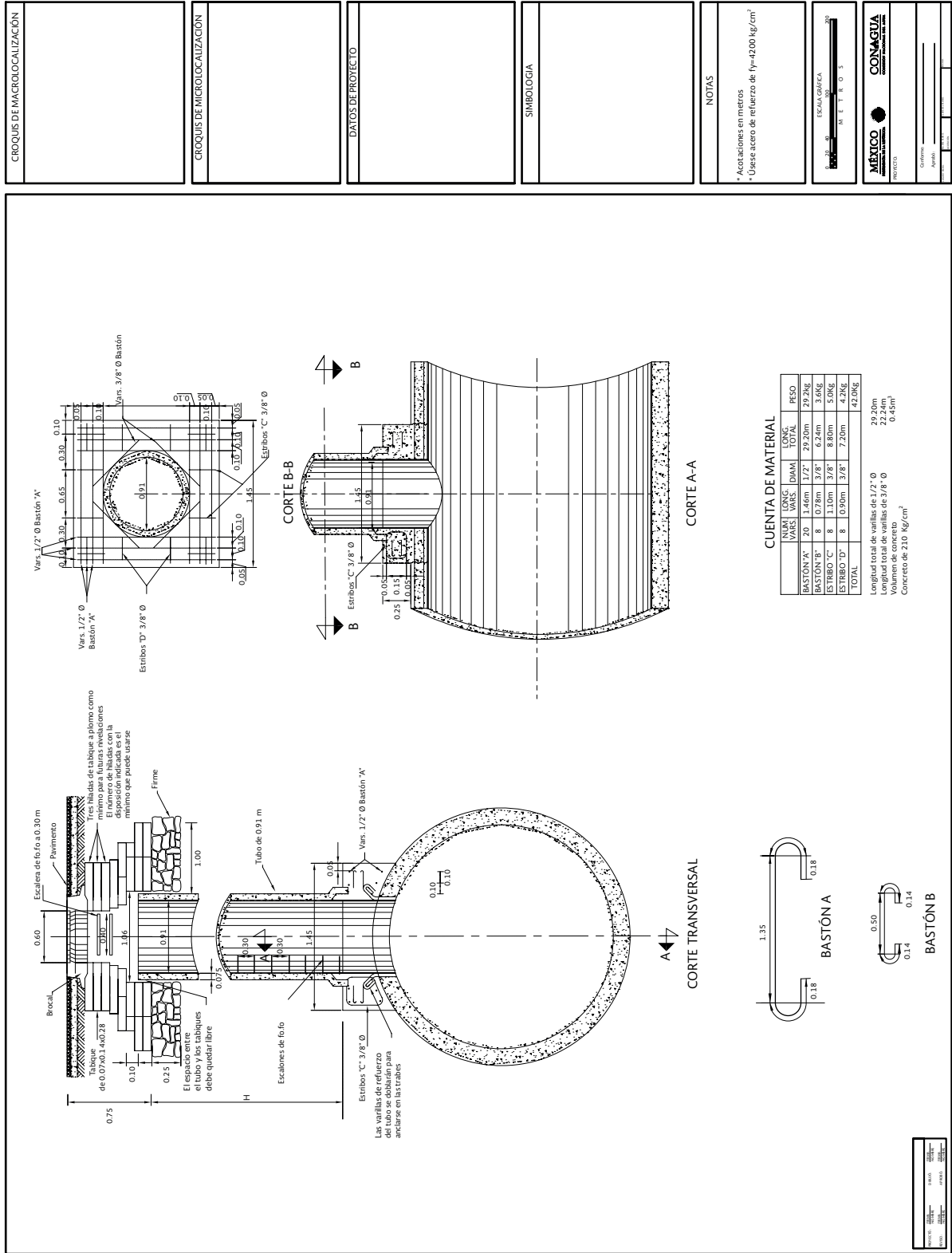
Plano B.5 Pozo de visita y conexión de subcolectores hasta 0.91 m de  $\phi$  para colectores de  $\phi$  1.50 a 3.05 m





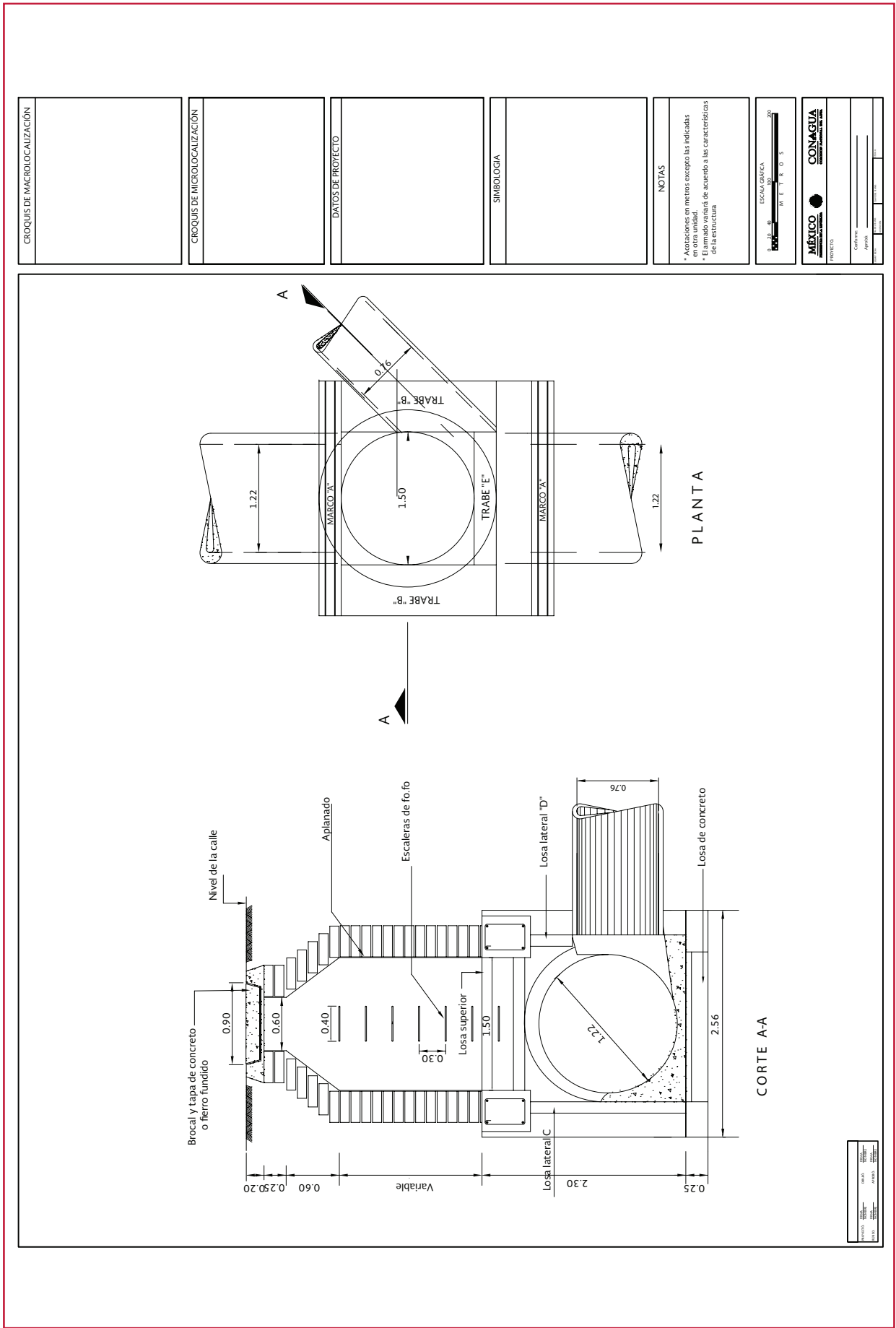


Plano B.7 Pozo de visita para colectores de diámetro 1.83, 2.13 y 2.44 m



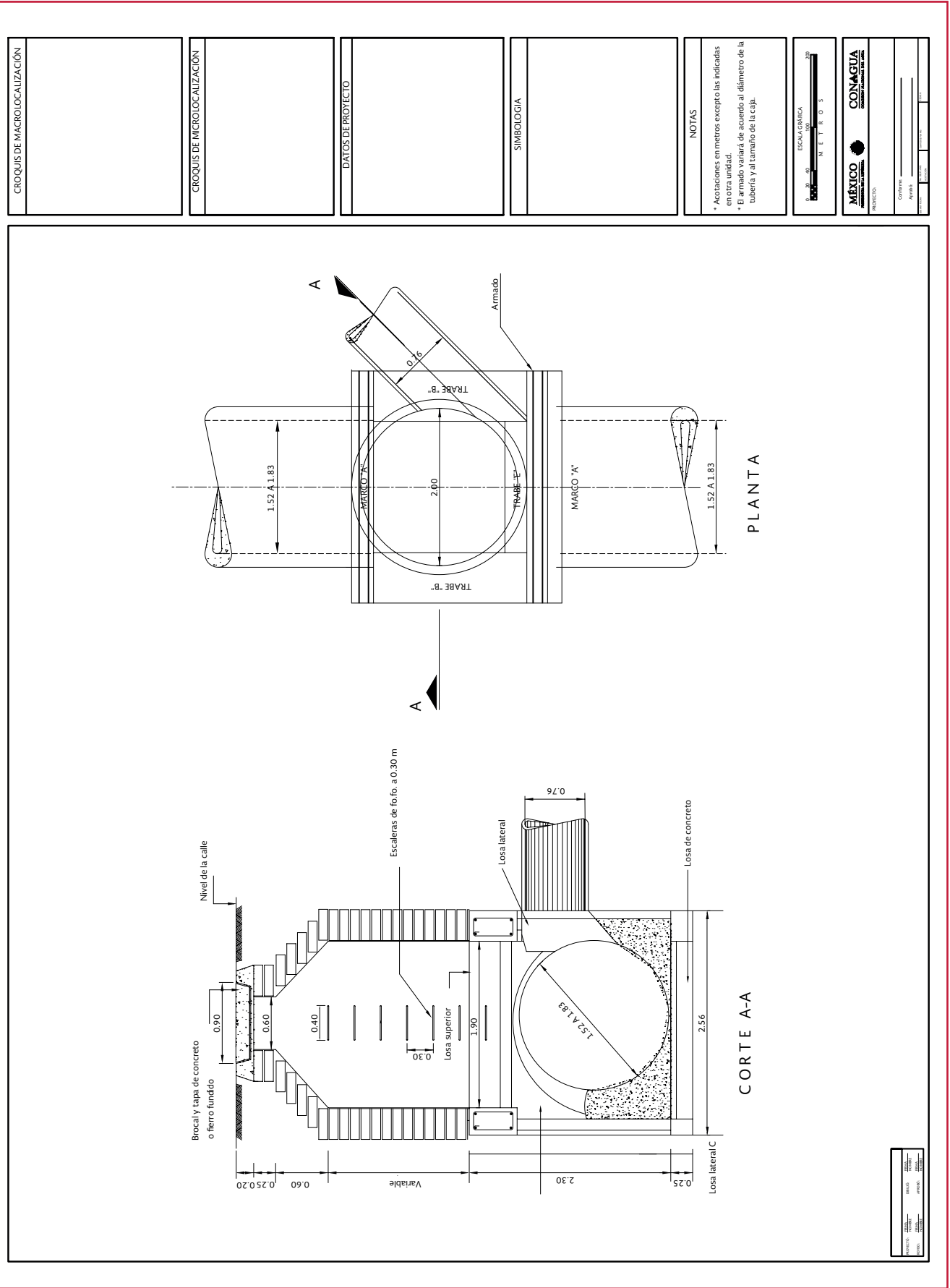


Plano B.9 Caja unión Tipo 1 (tubería de 1.22 m con entronque hasta 0.76 m de diámetro)



CROQUIS DE MACROLOCALIZACIÓN
CROQUIS DE MICROLOCALIZACIÓN
DATOS DE PROYECTO
SIMBOLOGÍA
NOTAS
<p>* Anotaciones en metros excepto la s indicadas en otra unidad.                  El presente croquis es de acuerdo a las características de la estructura.</p>
<p>ESCALA: CARTELA                  0 10 20 METROS</p>
<p>MÉXICO                  CONAGUA                  COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA</p>
<p>PROYECTO: _____                  CANTÓN: _____                  MUNICIPIO: _____                  ESTADO: _____</p>

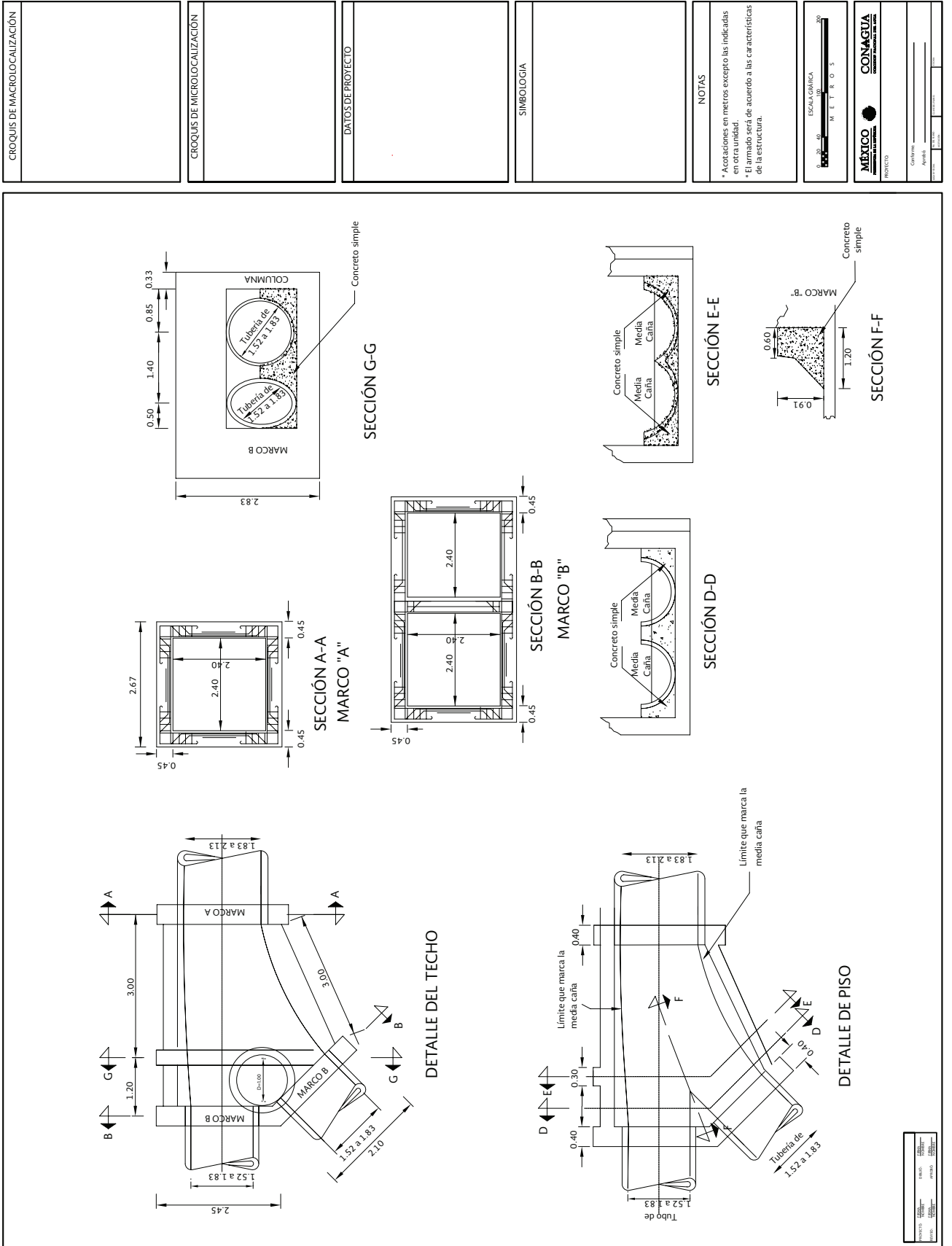
Plano B.10 Caja unión Tipo 2 (para tubería de 1.52 a 1.83 m con entronque de tubería hasta 0.76 m de diámetro)



CROQUIS DE MACROLOCALIZACIÓN
CROQUIS DE MICROLOCALIZACIÓN
DATOS DE PROYECTO
SIMBOLOGIA
NOTAS
* Aotaciones en metros excepto las indicadas en otra unidad. * El armado variará de acuerdo al diámetro de la tubería y al tamaño de la caja.
ESCALA: 1:50 METROS
MÉXICO CONAGUA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
PROYECTO: _____ CANTONAMIENTO: _____ MUNICIPIO: _____ ESTADO: _____



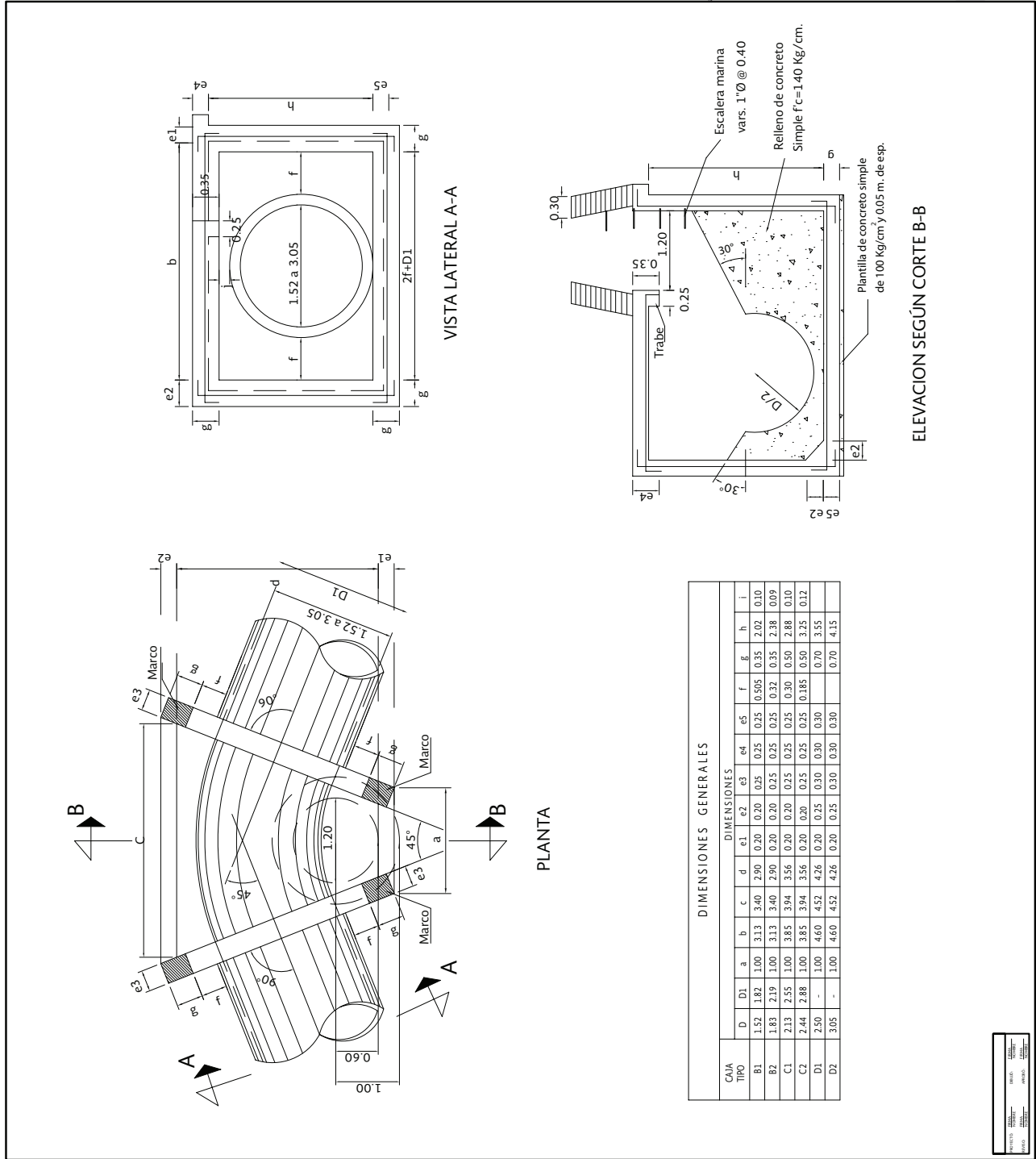
Plano B.12 Pozo de visita caja unión Tipo 1 (tubería de 1.83 a 2.13 m con entronque de 1.52 a 1.83 m de diámetro)







Plano B.14 Pozo de deflexiones hasta 45° (diámetros: 1.52 a 3.05 m)



VISTA LATERAL A-A

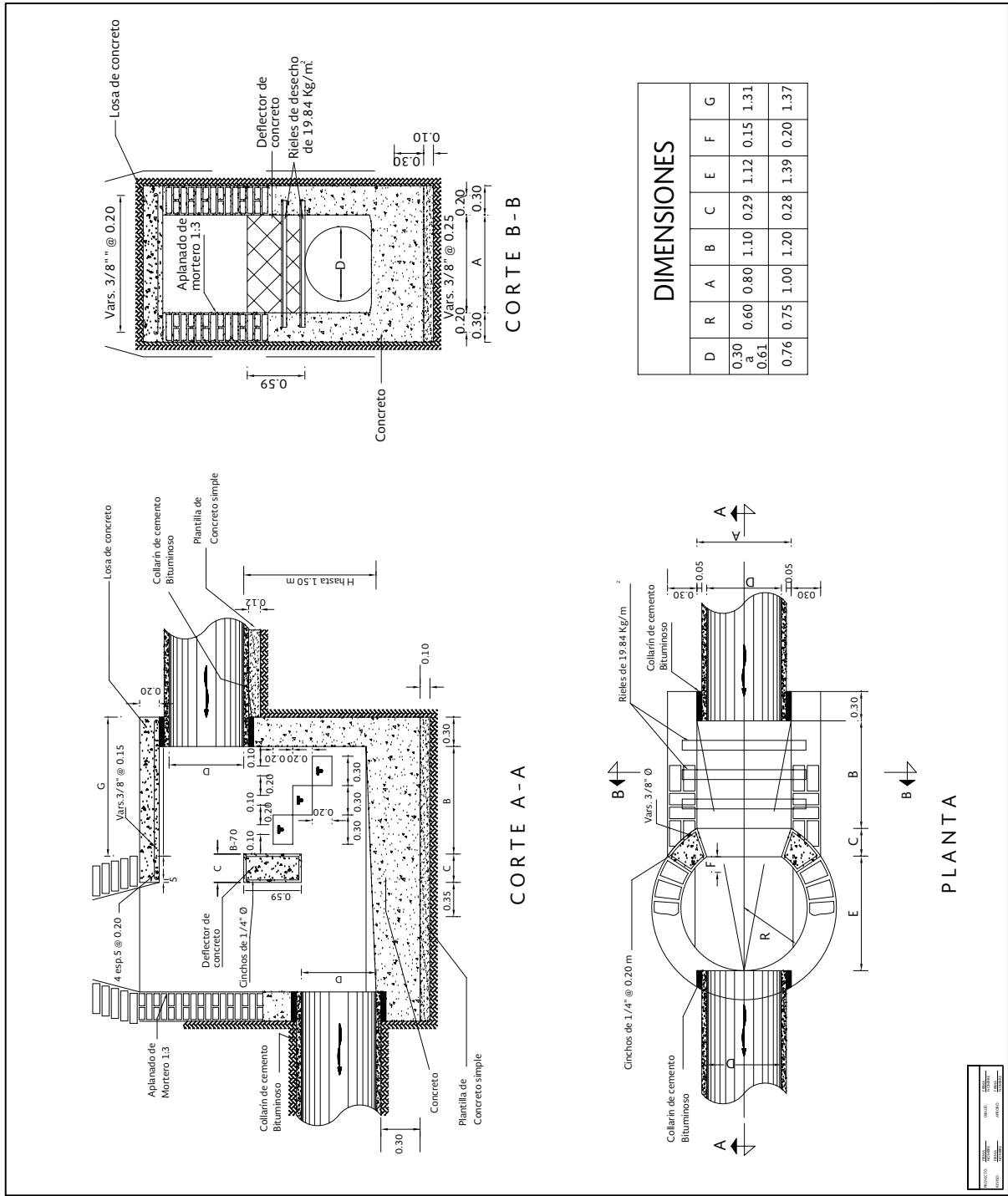
PLANTA

ELEVACION SEGÚN CORTE B-B

CAJA TIPO	DIMENSIONES GENERALES															
	D	D1	a	b	c	d	e1	e2	e3	e4	e5	e6	f	g	h	i
B1	1.52	1.82	1.00	3.13	3.40	2.90	0.20	0.20	0.25	0.25	0.25	0.505	0.35	2.02	0.10	
B2	1.83	2.19	1.00	3.13	3.40	2.90	0.20	0.20	0.25	0.25	0.25	0.32	0.35	2.88	0.09	
C1	2.13	2.55	1.00	3.85	3.94	3.56	0.20	0.20	0.25	0.25	0.25	0.30	0.50	2.88	0.10	
C2	2.44	2.88	1.00	3.85	3.94	3.56	0.20	0.20	0.25	0.25	0.25	0.185	0.50	3.25	0.12	
D1	2.50	-	1.00	4.60	4.52	4.26	0.20	0.25	0.30	0.30	0.30	0.30	0.70	3.55		
D2	3.05	-	1.00	4.60	4.52	4.26	0.20	0.25	0.30	0.30	0.30	0.30	0.70	4.15		

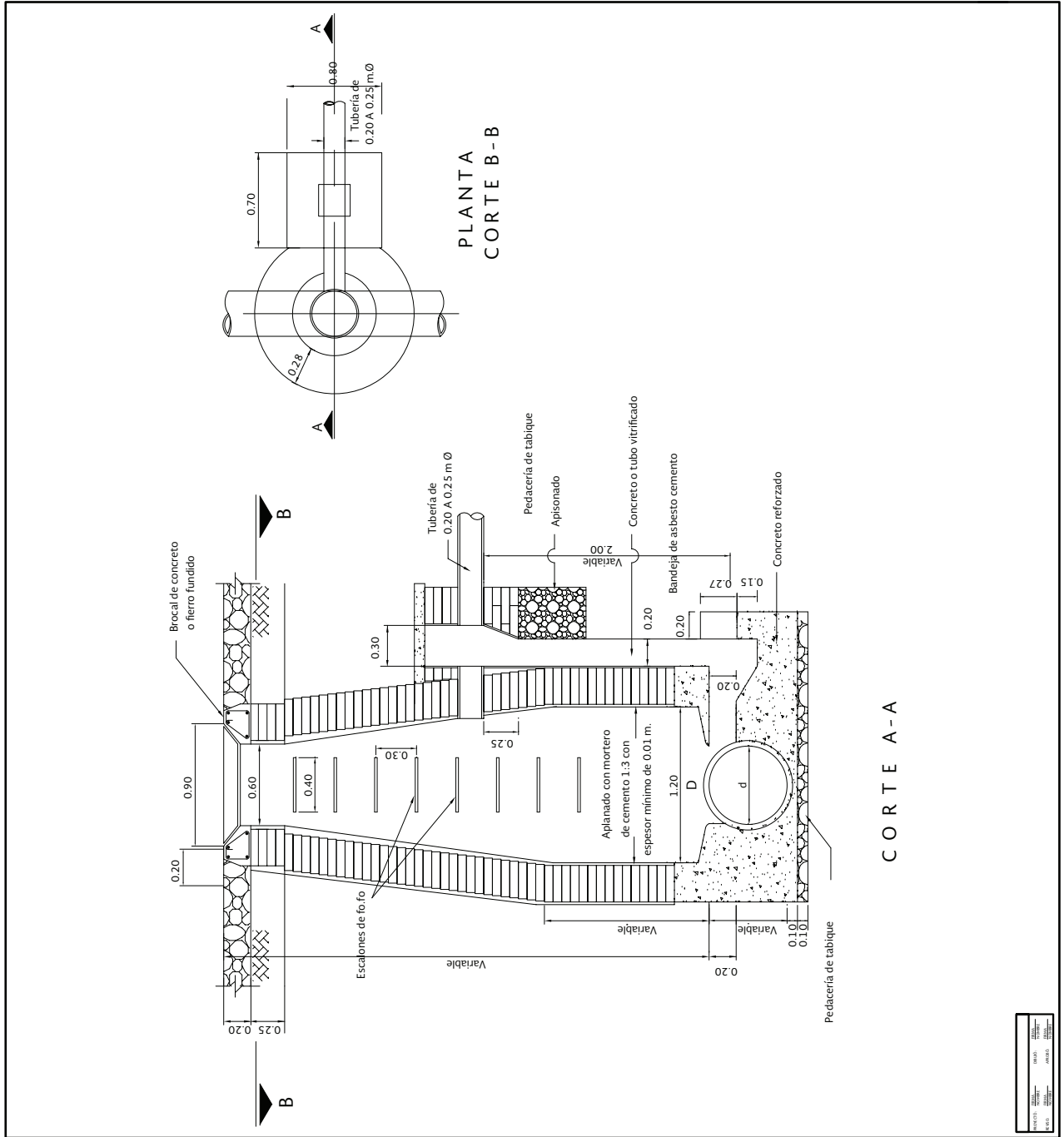
CROQUIS DE MACROLOCALIZACIÓN	CROQUIS DE MICROLOCALIZACIÓN	DATOS DE PROYECTO	SIMBOLOGÍA
NOTAS * Aotaciones en metros excepto las indicadas * El armado será de acuerdo a las caract. elásticas de la estructura.			
ESCALA: VERTICAL 1:50 HORIZONTAL 1:100			
MÉXICO CONAGUA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA PROYECTO: _____ CANTONAMIENTO: _____ MUNICIPIO: _____ LOCALIDAD: _____ CARRILLO: _____ AÑO: _____			

Plano B.15 Pozo con caída (tubería de 0.30 a 0.76 m de diámetro)



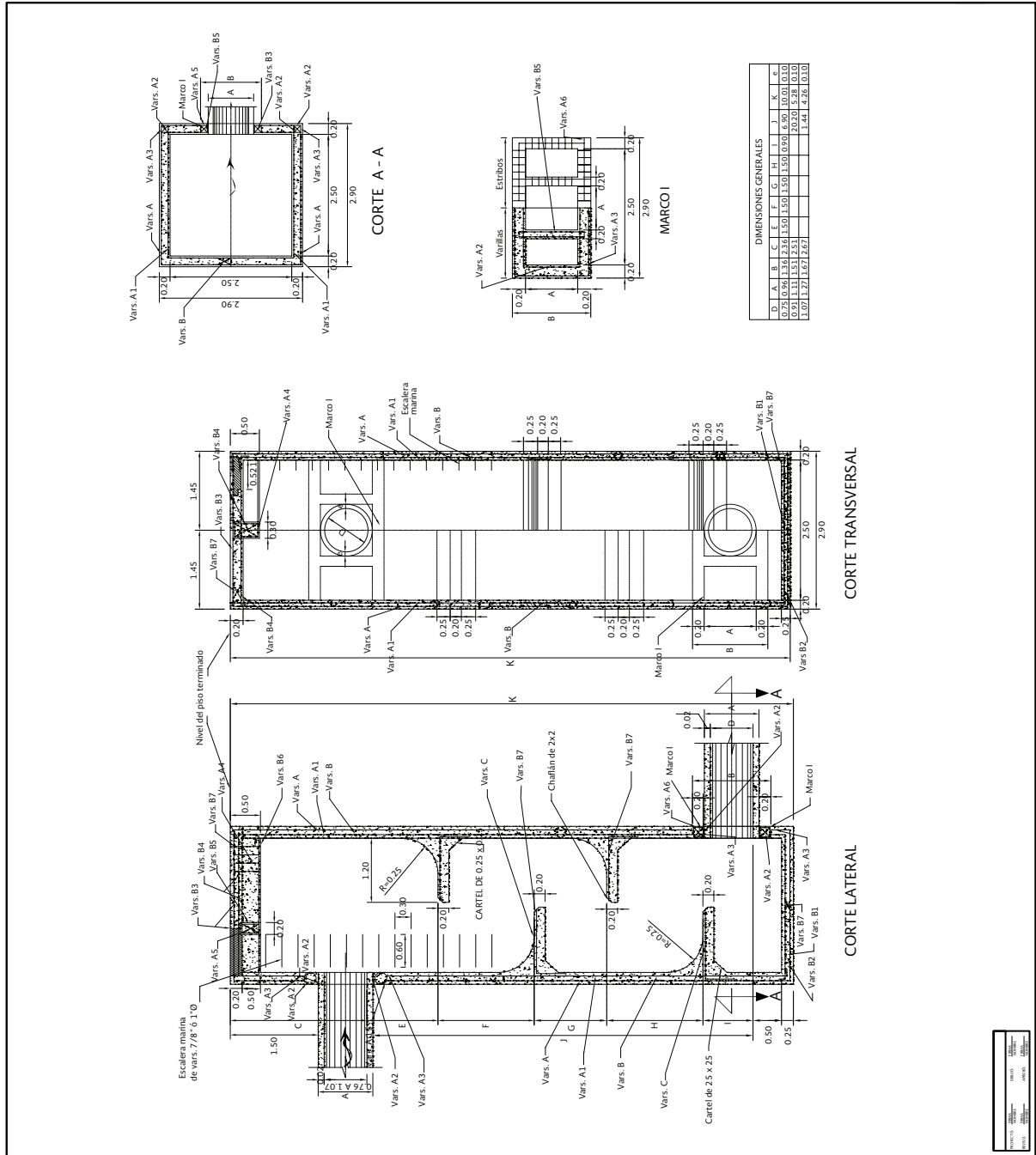
CROQUIS DE MACROLOCALIZACIÓN
CROQUIS DE MICROLOCALIZACIÓN
DATOS DE PROYECTO
SIMBOLOGÍA
NOTAS
* Aotaciones en metros excepto las indicadas en otra unidad.
PROYECTO: _____ CONTENIDO: _____ AUTORIA: _____ FECHA: _____

Plano B.1.6 Pozo con caída adosada hasta 2.00 m



CROQUIS DE MACROLOCALIZACIÓN
CROQUIS DE MICROLOCALIZACIÓN
DATOS DE PROYECTO
SIMBOLOGÍA
NOTAS
* Aotaciones en metros excepto lo las indicadas en otra unidad. * d = variable de 0.20 a 0.61 m
<p>ESCALA GRÁFICA</p> <p>0 20 40 60 80 100 120</p> <p>M E T R O S</p>
<p>MÉXICO</p> <p>CONAGUA</p> <p>COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA</p>
<p>PROYECTO</p> <p>CONFIRMA</p> <p>APROBÓ</p>

Plano B.17 Caja de caída para tuberías de 0.76, 0.91 y 1.07 m de diámetro



CROQUIS DE MACROLOCALIZACIÓN

CROQUIS DE MICROLOCALIZACIÓN

DATOS DE PROYECTO

SIMBOLOGIA

NOTAS

\*Aclaraciones en metros, elevaciones en metros

ESCALA GRÁFICA

M E T R O S

MÉXICO CONAGUA

COMANDO EN JEFE

SECRETARÍA DE AGUAS

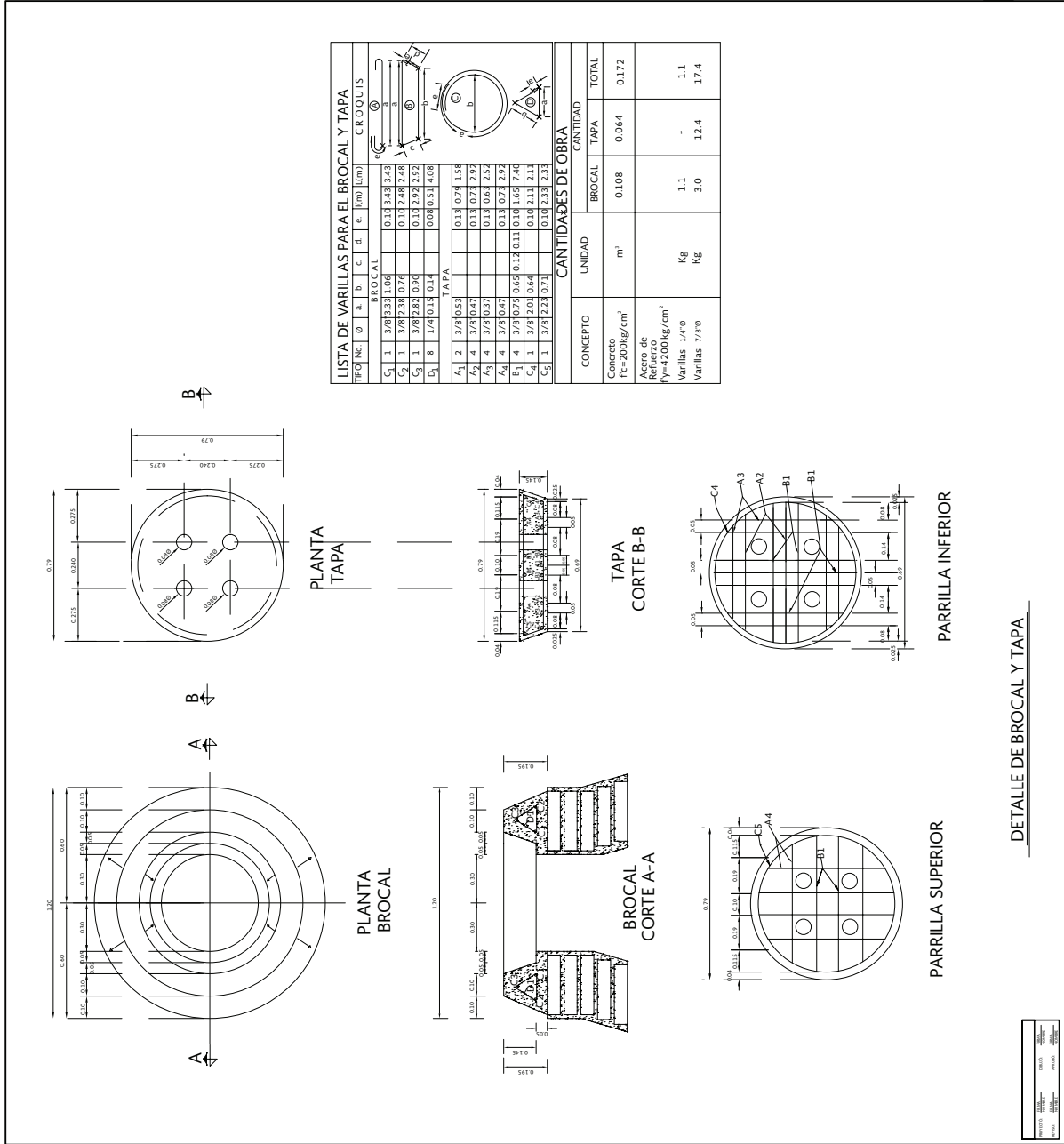
SECRETARÍA DE AGUAS

SECRETARÍA DE AGUAS

SECRETARÍA DE AGUAS



Plano B.19 Brocal y tapa de concreto



CROQUIS DE MACROLOCALIZACIÓN

CROQUIS DE MICROLOCALIZACIÓN

DATOS DE PROYECTO

NOTAS

- \* Acolaciones en metros excepto las indicadas en otra unidad.
- \* El concreto sera vibrado y curado comuna durante 7 dias.
- \* El concreto sera agregado en un tambo de tambo de 8 a 10 cm. de tambo máximo del agregado será de: 19 mm (3/4").
- \* Acero de refuerzo de fy=4,200 kg/cm<sup>2</sup>.
- \* Concreto de fc=200 kg/cm<sup>2</sup>.

ESCALA: 1:50

M E T R O S

MÉXICO CONAGUA

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ESTADO: \_\_\_\_\_

MUNICIPIO: \_\_\_\_\_

LOCALIDAD: \_\_\_\_\_

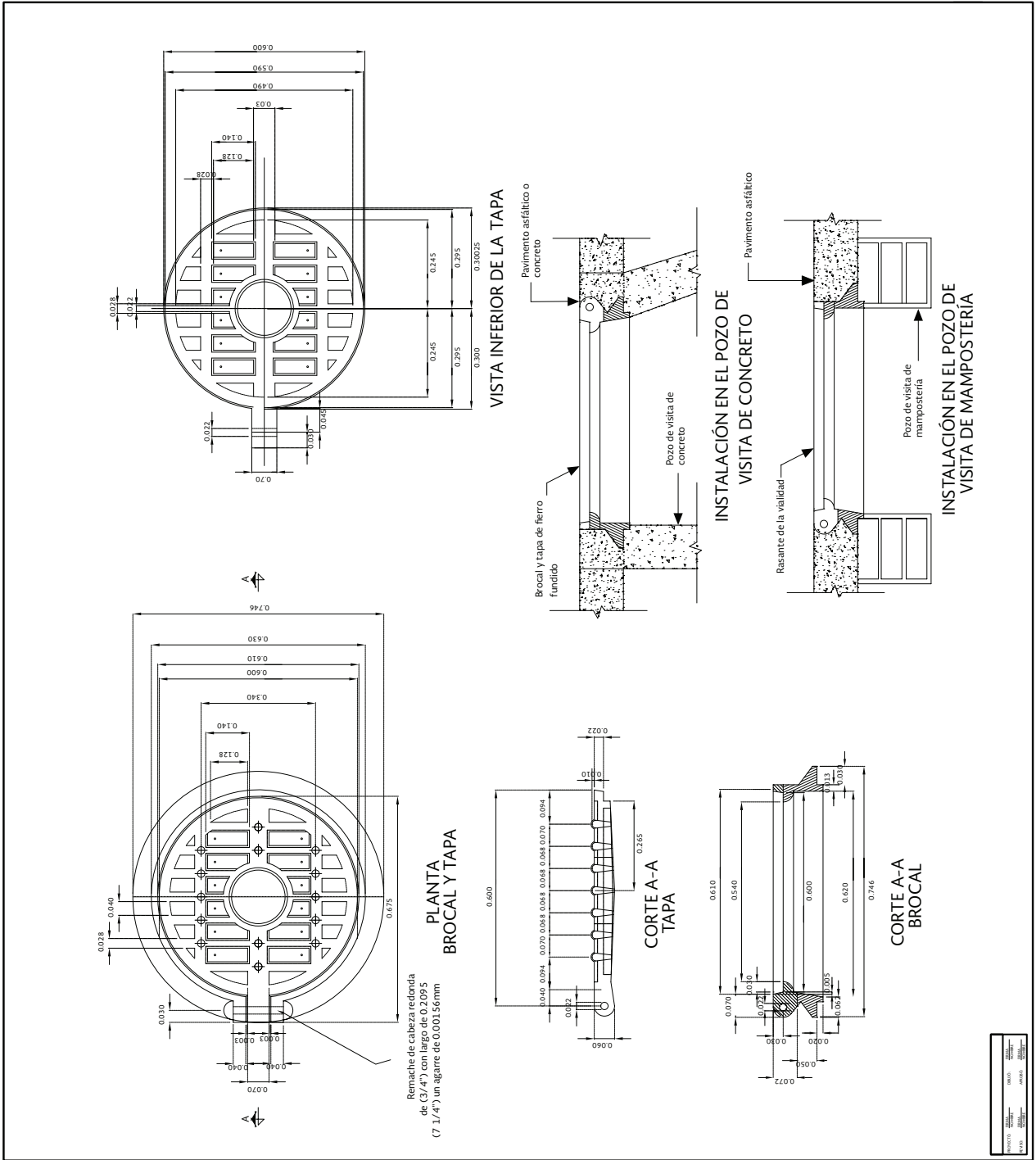
FECHA: \_\_\_\_\_

PROYECTANTE: \_\_\_\_\_

REVISOR: \_\_\_\_\_

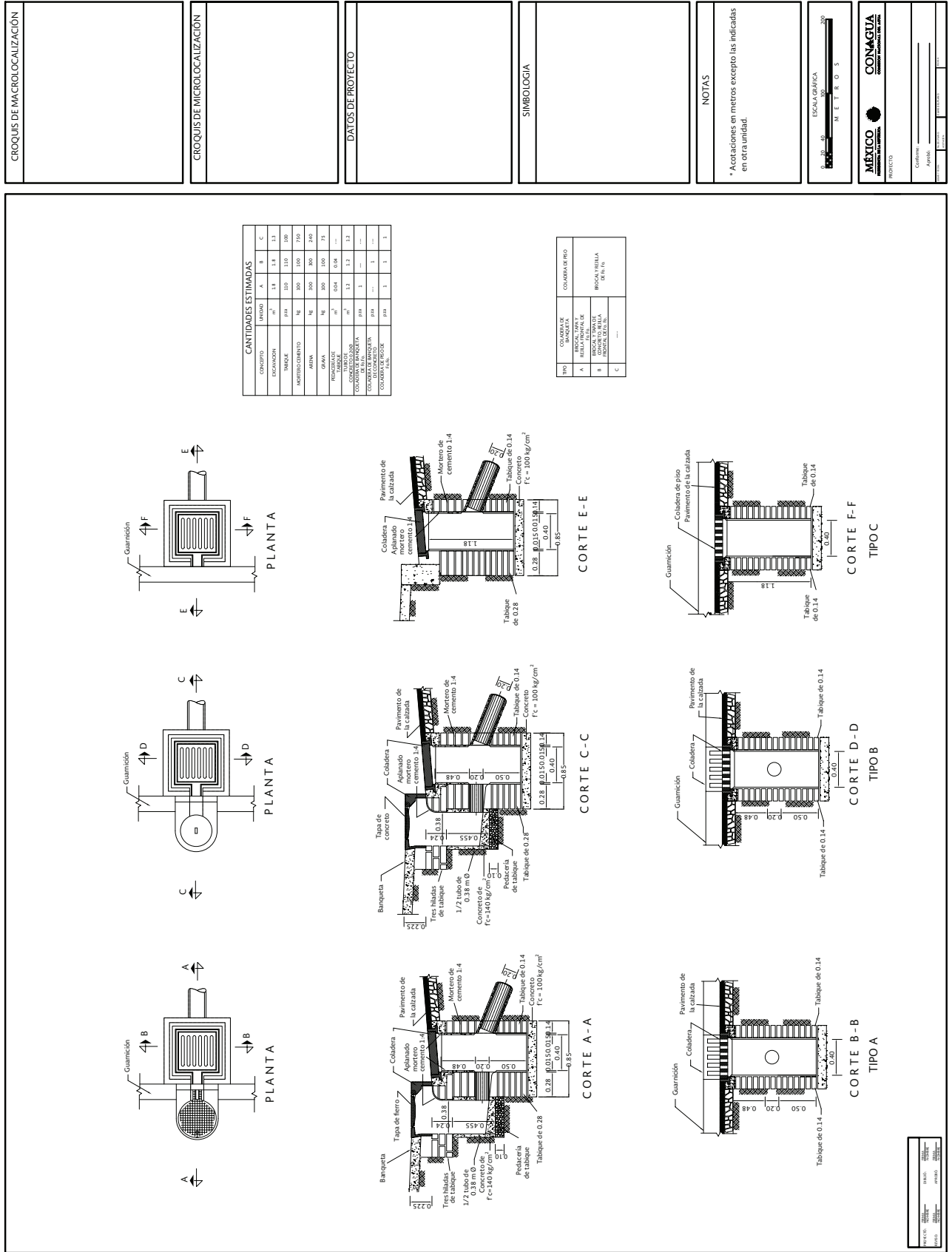
APROBADO: \_\_\_\_\_

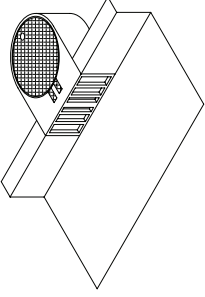
CROQUIS DE MACROLOCALIZACIÓN
CROQUIS DE MICROLOCALIZACIÓN
DATOS DE PROYECTO
SIMBOLOGÍA
NOTAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Aclaraciones en metros</li> <li>* La fundición debe ser de primera</li> <li>* Indica aberturas</li> <li>* Peso del brocal 72 kg.</li> <li>* Peso de la tapa 877 kg.</li> <li>* Peso conjunto 159 kg.</li> </ul>
<p>ESCALA GRÁFICA</p> <p>0 50 100 METROS</p>
<p>MÉXICO</p> <p>CONAGUA</p> <p>COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA</p>



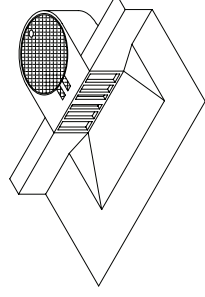




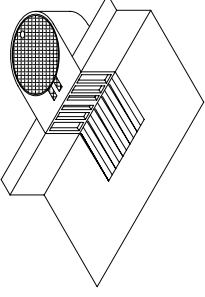




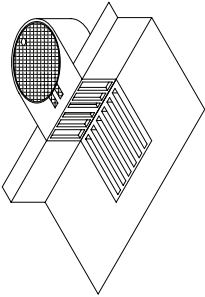
DE BANQUETA  
TIPO A



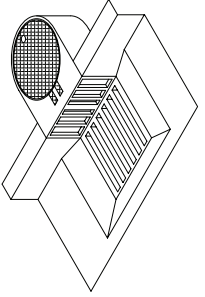
DE BANQUETA, DEPRIMIDA  
TIPO A



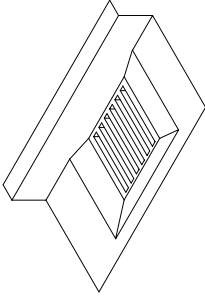
DE PISO Y BANQUETA, CON CANALIZACIONES  
TIPO A



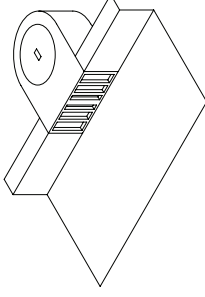
DE PISO Y BANQUETA  
TIPO A



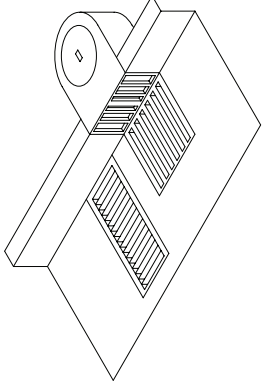
DE PISO Y BANQUETA, DEPRIMIDA  
TIPO A



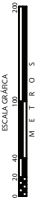
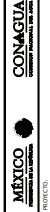
DE PISO, DEPRIMIDA  
TIPO C

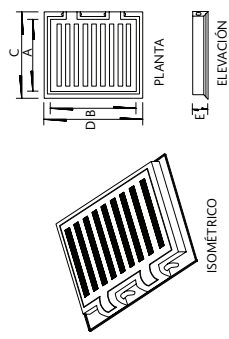


DE BANQUETA  
TIPO B



TRANSVERSAL COMBINADA CON  
UNA DE PISO Y BANQUETA  
TIPO A Y B

CROQUIS DE MACROLOCALIZACION																	
CROQUIS DE MICROLOCALIZACION																	
DATOS DE PROYECTO																	
SIMBOLOGIA																	
NOTAS																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>TIPO</th> <th>CONDICIONES DE INSTALACION</th> <th>CONDICIONES DE PROTECCION</th> </tr> <tr> <td>A</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> </table>	TIPO	CONDICIONES DE INSTALACION	CONDICIONES DE PROTECCION	A	...	...	B	...	...	C	...	...	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">CONDICIONES DE PROTECCION</td> <td style="width: 50%;">CONDICIONES DE PROTECCION</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> </tr> </table>	CONDICIONES DE PROTECCION	CONDICIONES DE PROTECCION	...	...
TIPO	CONDICIONES DE INSTALACION	CONDICIONES DE PROTECCION															
A	...	...															
B	...	...															
C	...	...															
CONDICIONES DE PROTECCION	CONDICIONES DE PROTECCION																
...	...																
<p>ESCALA GRAFICA</p>  <p>0 10 20 30 40 50</p>																	
																	
<p>PROYECTO: _____</p> <p>CONSTRUCION: _____</p> <p>APROBADO: _____</p>																	



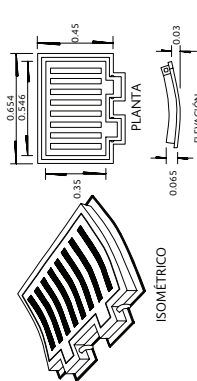
ISOMÉTRICO

PLANTA

ELEVACIÓN

Descripción	Peso en kg aproximado	A	B	C	D	E	Cantidad de bisagras
0.45 x 0.45	80	0.45	0.45	0.56	0.52	0.07	1
0.50 x 0.50	105	0.50	0.50	0.66	0.61	0.075	1
0.40 x 0.60	105	0.35	0.57	0.55	0.675	0.085	2
0.60 x 0.70	158	0.55	0.70	0.70	0.80	0.10	2

**REJILLA DE Fo. Fo. CON BISAGRA.**

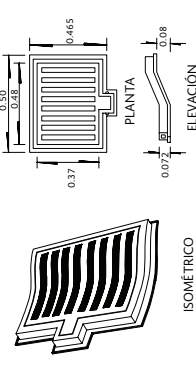


ISOMÉTRICO

PLANTA

ELEVACIÓN

**REJILLA ESTACIONAMIENTO CON BISAGRA**

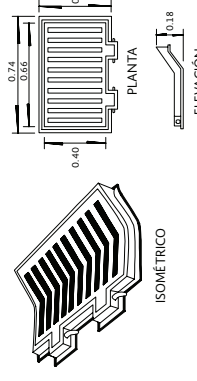


ISOMÉTRICO

PLANTA

ELEVACIÓN

**REJILLA PECHO PALOMA CON BISAGRA**



ISOMÉTRICO

PLANTA

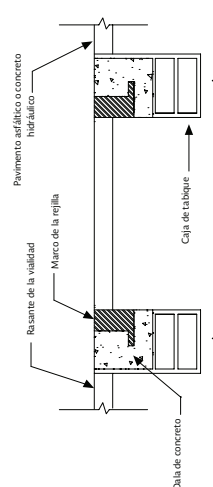
ELEVACIÓN

**REJILLA CURVA CON BISAGRA**

**REJILLA DE PISO FIJA**

Descripción	Peso en kg aproximado	A	B	C	D
0.45 x 0.45	47	0.45	0.45	0.52	0.06
0.50 x 0.50	68	0.50	0.50	0.56	0.063
0.40 x 0.60	50	0.40	0.595	0.45	0.05
0.60 x 0.70	134	0.57	0.71	0.66	0.09

**REJILLA DE PISO FIJA**



INSTALACIÓN DEL MARCO DE LA REJILLA EN CAJA DE TABIQUE

CROQUIS DE MACROLOCALIZACIÓN

CROQUIS DE MICROLOCALIZACIÓN

DATOS DE PROYECTO

SIMBOLOGÍA

NOTAS

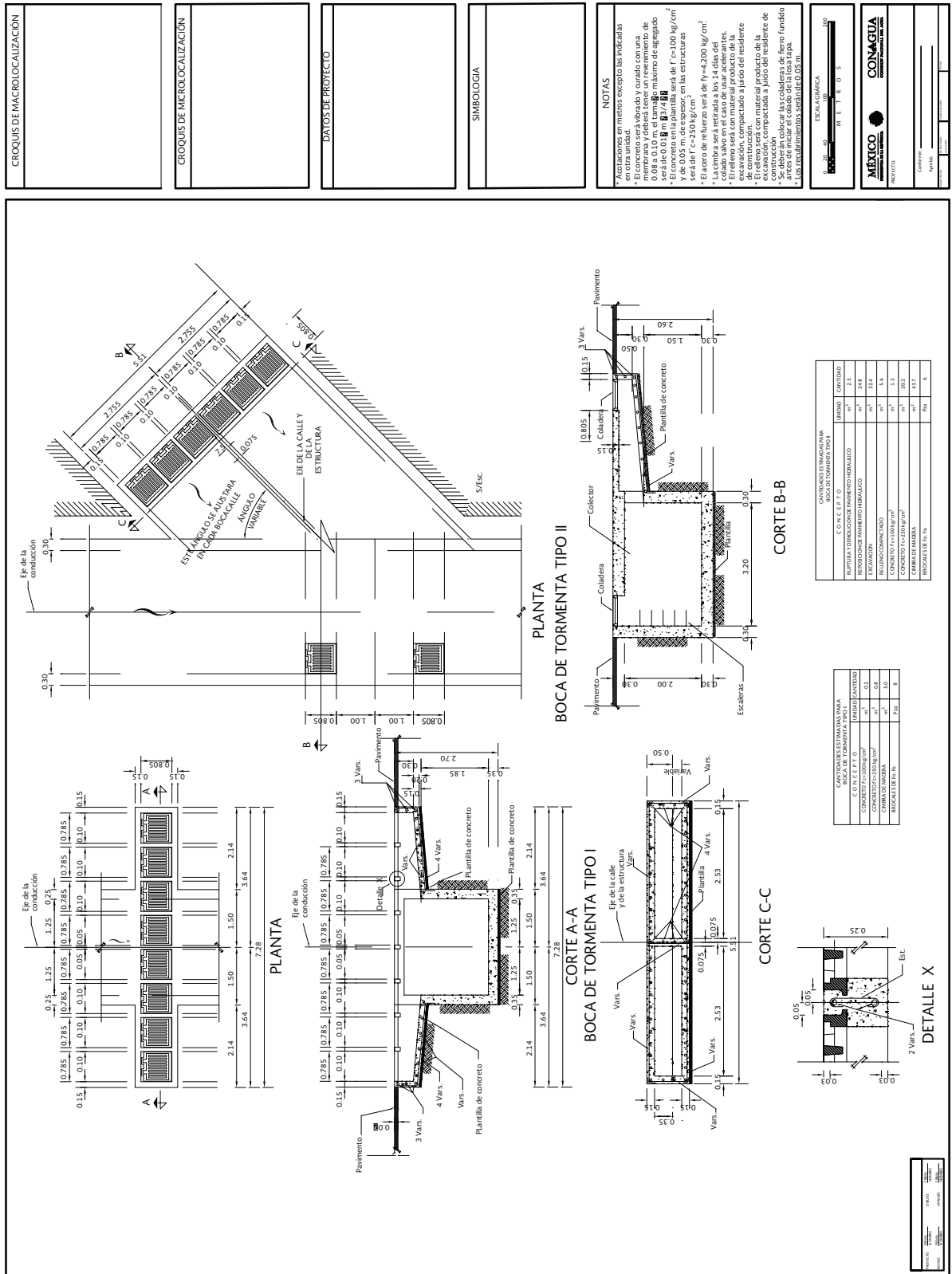
- \*Anotaciones en metros.
- \*Las rejillas de estacionamiento pecho de paloma y curva con bisagra son de Fo. Fo. Y tienen dimensiones estándar.
- \*Las rejillas con bisagra y las de piso fija se encuentran en las dimensiones indicadas.

ESCALA GRÁFICA

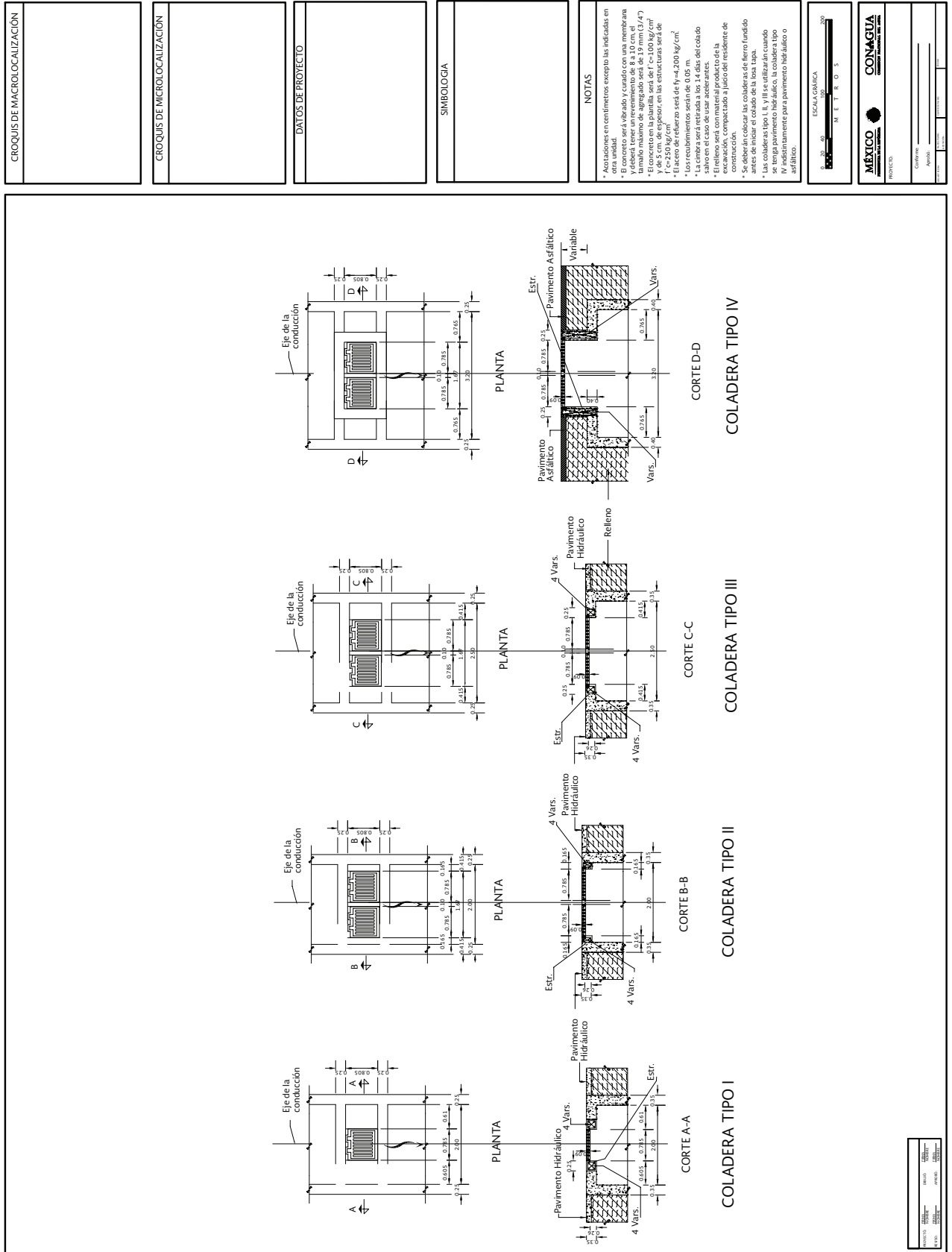
0 20 40 80 METROS



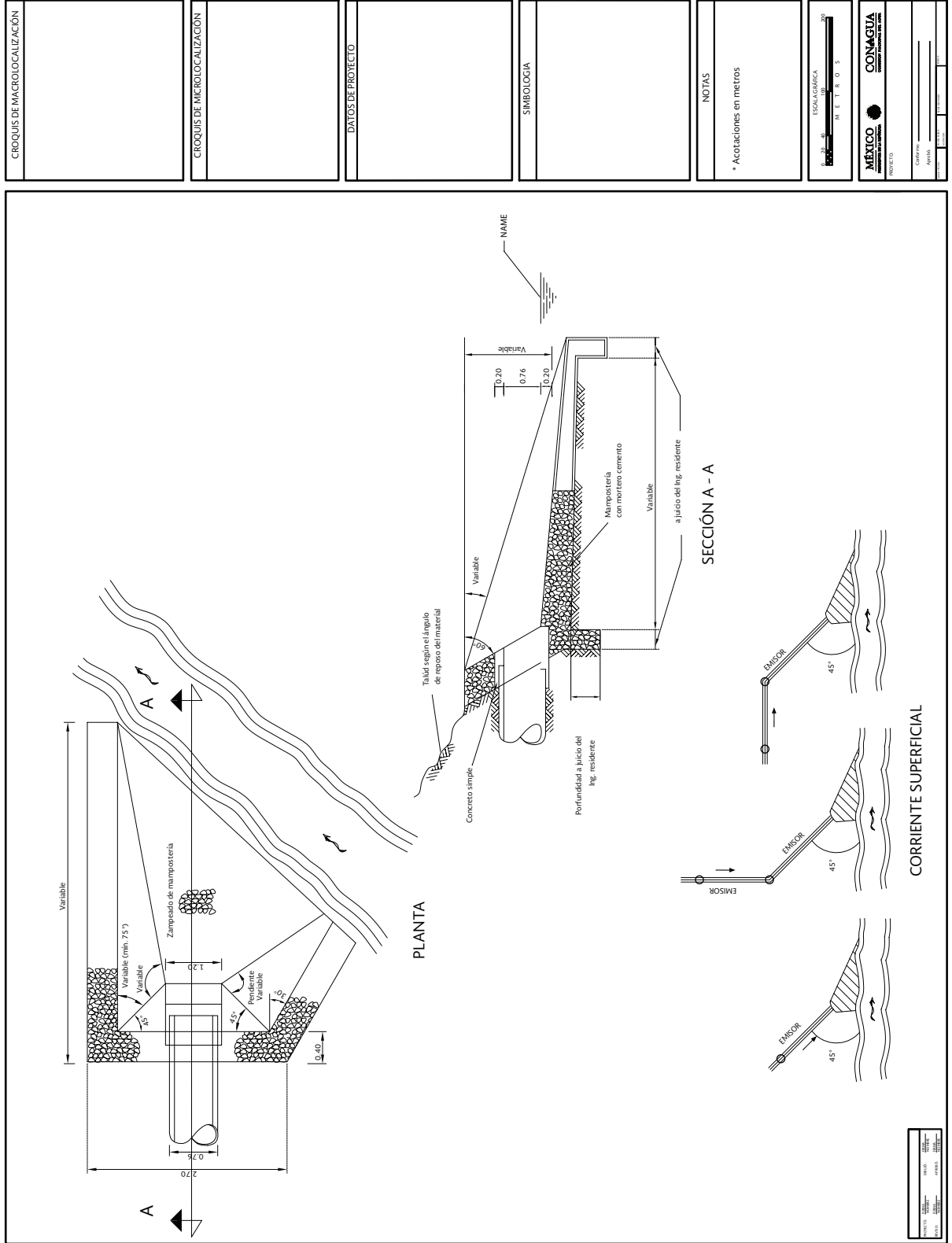
Plano B.25 Detalles de bocas de tormenta Tipo 1 y Tipo 2



Plano B.2.6 Detalles de coladeras en conductos Tipo I a IV

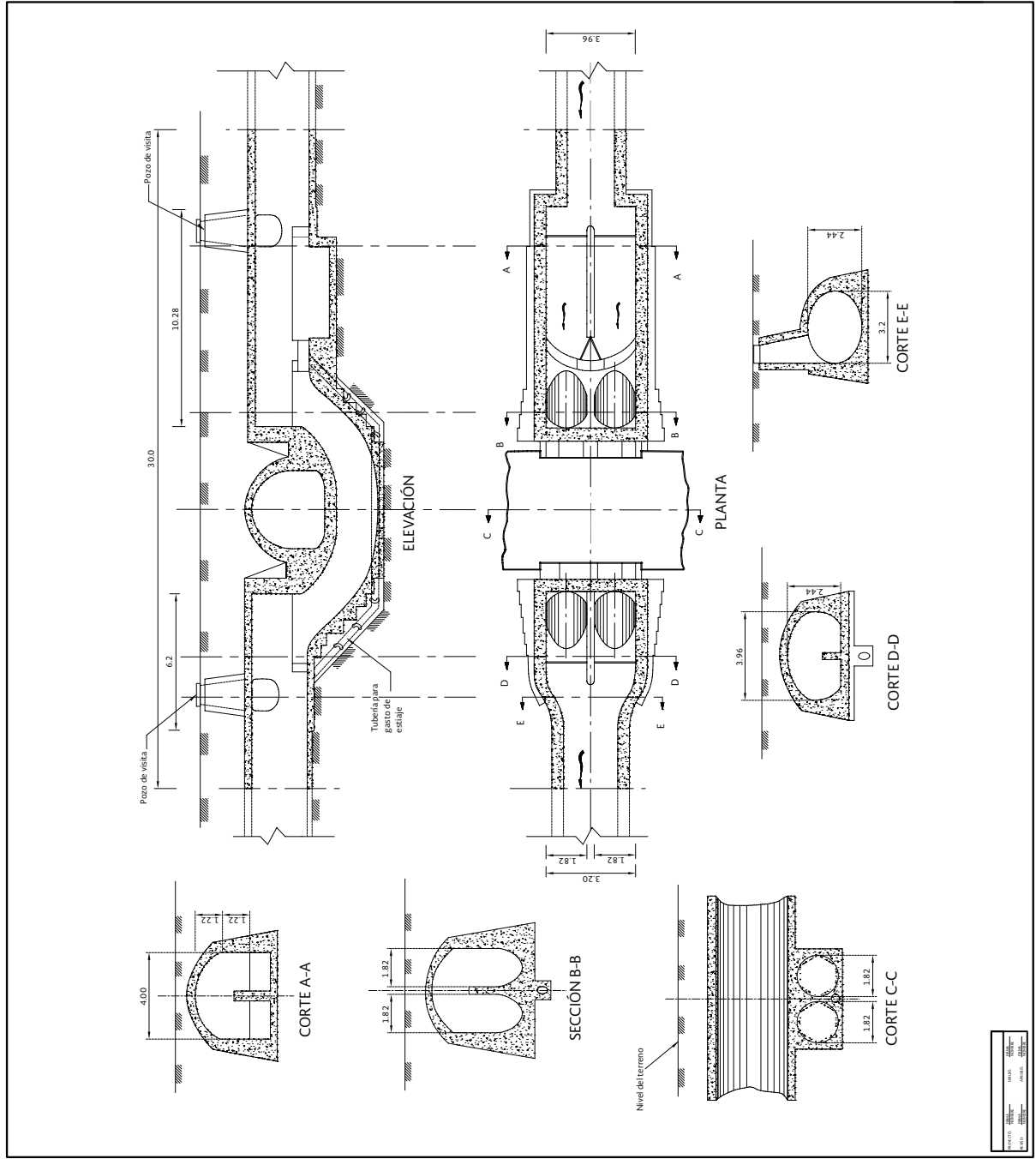


Plano B.27 Estructura de descarga esviada (tuberías hasta 0.76 m de diámetro)





Plano B.29 Sifón conducto o tubería

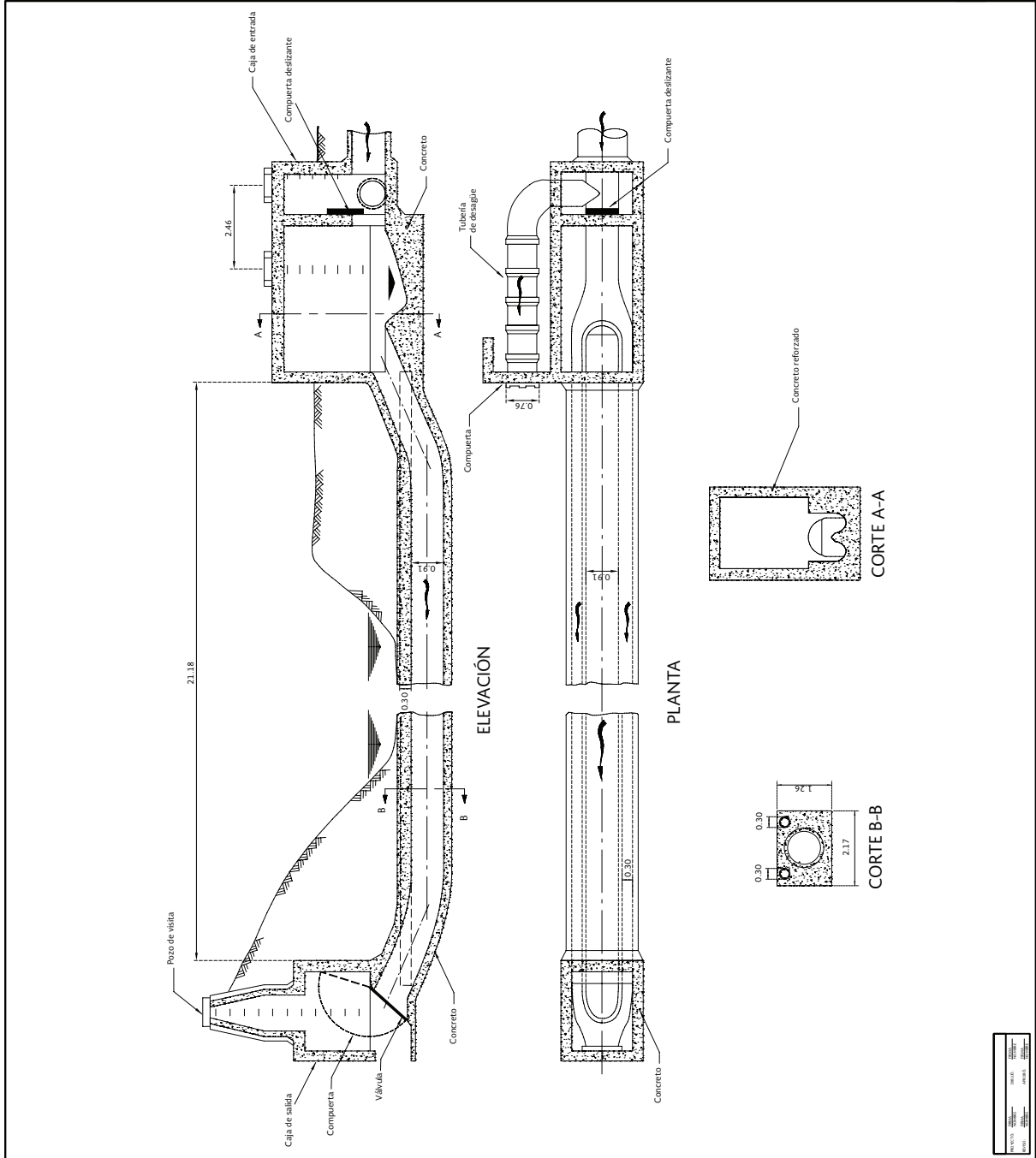


CROQUIS DE MACROLOCALIZACIÓN
CROQUIS DE MICROLOCALIZACIÓN
DATOS DE PROYECTO
SIMBOLOGÍA
NOTAS *Anotaciones en metros.
ESCALA GRÁFICA 0 1 2 3 METROS
MÉXICO CONAGUA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
PROYECTO
ESTADO
MUNICIPIO
LOCALIDAD
PROYECTO
FECHA
HOJA
TITULO





Plano B.31 Sifón invertido para librar un río



CROQUIS DE MACROLOCALIZACIÓN
CROQUIS DE MICROLOCALIZACIÓN
DATOS DE PROYECTO
SIMBOLOGÍA
NOTAS * Aclaraciones en metros
ESCALAS 0 20 40 60 80 100 M E L M O S
MÉXICO CONAGUA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
ESTADO
MUNICIPIO
COMUNIDAD
PROYECTO
FECHA
ELABORADO
REVISADO
APROBADO



## GLOSARIO

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

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

**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, 'madriñas', a los colectores, en las que se conecten los albañales de esos diámetros, para luego conectarlas a un colector mediante un pozo de visita.

**Escantillon.** Regla, plantilla o patrón que sirve para trazar las líneas y fijar las dimensiones según las cuales se han de labrar las piezas en diversos artes y oficios mecánicos..

**Interceptor.** Es la tubería que intercepta las aguas residuales de los colectores y termina en un emisor o en la planta de tratamiento. En un modelo de interceptores, las tuberías principa-

les (colectores) se instalan en zonas con curvas de nivel más o menos paralelas y sin grandes desniveles, y descargan a una tubería de mayor diámetro (interceptor) generalmente paralelo a alguna corriente natural.

**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 residuales 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.

**Niveletas.** Instrumento para averiguar la diferencia o la igualdad de elevación entre dos puntos.

**Pozo de visita.** Estructura que permite la inspección, limpieza y ventilación de la red de alcantarillado. Se utiliza para la unión de dos o varias tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente.

**Pozos comunes.** Son pozos de visita que tienen forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior. Tienen un diámetro interior de 1.2 m y se utilizan en tuberías de hasta 0.61 m de diámetro.

**Pozos especiales.** Al igual que los pozos de visita comunes, tienen forma cilíndrica en la parte in-

ferior y troncocónica en la parte superior. Presentan un diámetro interior de 1.5 m para tuberías de 0.76 a 1.07 m de diámetro, y 2.0 m de diámetro interior para tuberías con diámetro de 1.22 m.

**Pozos caja.** Los pozos caja están formados por el conjunto de una caja de concreto reforzado y una chimenea de tabique idéntica a la de los pozos comunes y especiales. A los pozos caja cuya sección horizontal es rectangular se les llama simplemente pozos caja y se utilizan en tuberías con diámetro de 1.52 m en adelante.

**Pozos caja de unión.** Son pozos caja de sección horizontal en forma de polígono irregular que se utilizan para unir tuberías de 0.91 m en adelante con tuberías de diámetros mayores a 1.52 m.

**Pozos caja de deflexión.** Son pozos caja que se utilizan para dar deflexiones máximas de 45 grados en tuberías de diámetros a partir de 1.52 m.

**Estructuras de caída.** Estructuras que permitan efectuar en su interior los cambios bruscos de nivel, por condiciones topográficas o por tenerse elevaciones obligadas para las plantillas de algunas tuberías. Las estructuras de caída que se utilizan son: caídas libres, pozos con caída adosada, pozos con caída y estructuras de caída escalonada.

**Caída libre.** Es la caída permisible en los pozos de visita hasta de 0.5 m sin la necesidad de utilizar alguna estructura especial. (No se considera en este caso las uniones a claves de las tuberías.)

**Pozos con caída adosada.** Son pozos de visita comunes, especiales o pozos caja a los cuales se les construye lateralmente una estructura que permite la caída en tuberías de 20 y 25 cm de diámetro con un desnivel de hasta 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 de hasta 1.50 m.

**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.

**Sifón invertido.** Obra accesoria 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.

**Cruce elevado.** Estructura utilizada para cruzar una depresión profunda, como cañadas o barrancas de poca anchura.

**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.

**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.

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

## BIBLIOGRAFÍA

- ANSI / AWWA A100-97.- Standard For Water Wells.
- ANSI /AWWA C200-97.- Standard For STEEL WATER PIPE
- ANSI /AWWA C200-97.- Standard For STEEL WATER PIPE
- ANSI/API SPECIFICATION 5L / ISO 3183:2007 (Modified), Petroleum and natural gas industries- Steel pipe for pipelines transportation systems.
- ANSI/API SPECIFICATION 5L-04.- Specification for Line Pipe.
- Araceli Sánchez Segura, Proyecto de Sistemas de Alcantarillado, Instituto Politécnico Nacional
- ASTM A53/A 53M – 07.- Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless.
- BURIED PIPE DESIGN A.P. Moser, Second Edition (Mc. Graw Hill.- Professional Engineering)
- California Department of Transportation. (2010). Highway Design Manual. California: California Department of Transportation.
- Campos-Aranda, F. (2010). Introducción a la hidrología urbana. Editorial Printengo, San Luis Potosí.
- CENAPRED. (2004). Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres. pp. 380-390.
- Chow, V., Maidment, D. y Marrys, L. (1964). Handbook of Applied Hidrology. Mc Graw-Hill, Nueva York.
- Comisión Nacional del Agua. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Alcantarillado Sanitario. CNA, 1997.
- Comisión Nacional del Agua. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Alcantarillado Sanitario. CNA, 2009.
- Comisión Nacional del Agua. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Datos Básicos. CNA, 2004.
- Comisión Nacional del Agua. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Datos Básicos. CNA, 2009.
- Comisión Nacional del Agua. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Lineamientos técnicos para la elaboración de estudios y proyectos de agua potable ya alcantarillado sanitario. CNA, 2004.
- Concrete Pipe Design Manual ACPA – páginas 6-10.

- Davis, D. (1974). Storm Drainage and Urban Region Flood Control Planning. Davis, California: The Hydrologic Engineering Center.
- Gilberto Sotelo Ávila, Apuntes de hidráulica II, UNAM, Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería Civil, Topografía y Geodésica, Departamento de Hidráulica.
- Handbook of Concrete pressure pipe, Design & Construction, Association, 4a edición
- Handbook of PVC pipe, Design & Construction, Uni-Bell PVC Pipe, Association, 4a edición
- Handbook of Steel pipe, Design & Construction, Association, 4a edición
- ISO 559.- International Standard.- Steel tubes for water and sewage
- 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.
- Manual de Saneamiento, Vivienda, Agua y Desechos. Editorial Limusa, 1999.
- 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
- NMX-B-177-1990.- Tubos de acero con o sin costura, negros y galvanizados por inmersión en caliente.
- NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad. D.O.F. 24-XI-2008.
- NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad de la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo. D.O.F. 31-V-1999.
- NOM-006-STPS-2000, Manejo y almacenamiento de materiales - Condiciones y procedimientos de seguridad. D.O.F. 9-III-2001.
- NOM-009-STPS-2011, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura. D.O.F. 6-V-2011.
- NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. D.O.F. 17-IV-2002.
- NOM-014-STPS-2000, Exposición laboral a presiones ambientales anormales- Condiciones de seguridad e higiene. D.O.F. 10-IV-2000.
- NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal - Selección, uso y manejo en los centros de trabajo. D.O.F. 9-XII-2008.
- NOM-019-STPS-2011, Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene. D.O.F. 13-IV-2011.
- NOM-021-STPS-1993, Relativa a los requerimientos y características de los informes de los riesgos de trabajo que ocurran, para integrar las estadísticas. D.O.F. 24-V-1994.
- NOM-024-STPS-2001, Vibraciones – Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo. D.O.F. 11-I-2002.

- NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. D.O.F. 20-XII-2008.
- NOM-030-STPS-2009, Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo - Funciones y actividades. D.O.F. 22-XII-2009.
- NOM-031-STPS-2011, Construcción - Condiciones de seguridad y salud en el trabajo. D.O.F. 4-V-2011.
- NOM-113-STPS-2009, Seguridad - Equipo de protección personal - Calzado de protección - Clasificación, especificaciones y métodos de prueba. D.O.F. 22-XII-2009.
- NOM-115-STPS-2009, Seguridad - Equipo de protección personal - Cascos de protección - Clasificación, especificaciones y métodos de prueba. D.O.F. 22-XII-2009.
- NOM-116-STPS-2009, Seguridad - Equipo de protección personal - Respiradores purificadores de aire de presión negativa contra partículas nocivas Especificaciones y métodos de prueba. D.O.F. 22- XII-2009.
- NOM-127-SSA1-1994. (n.d.). Norma Oficial Mexicana "Modificación a la Norma Oficial Mexicana, Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".
- NRF-026-PEMEX-2008.- Protección con Recubrimientos Anticorrosivos para Tuberías Enterradas y/o Sumergidas.
- Plastics Pipe Institute, Inc. (n.d.). Hydraulic Considerations for Corrugated Polyethylene Pipe. Plastics Pipe Institute, Inc.
- Russell, D. (2012). Tratamiento de aguas residuales, un enfoque práctico. Barcelona: Editorial Reverté.
- Secretaría de Asentamientos Humanos y obras Públicas. Guía General para la Elaboración de Proyectos de Ingeniería de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado. SAHOP, 1979.
- Secretaría de Asentamientos Humanos y obras Públicas. Manual de normas de proyecto para obras de aprovisionamiento de agua potable en localidades urbanas. SAHOP, 1979.
- Secretaría de Asentamientos Humanos y obras Públicas. Normas de proyecto para alcantarillado sanitario en localidades urbanas de la república mexicana. SAHOP, 1979.
- Steel Pipe – A Guide for Design and Installation.- MANUAL OF WATER SUPPLY PRACTICES M11 \_ AWWA.
- Sotelo, G. (2009). Hidráulica de canales. Facultad de Ingeniería, UNAM., México, D.F.
- Sotelo, G. (2002). Hidráulica General, Fundamentos. México, D.F.: Editorial Limusa. Vol 1: 277-286.
- U.S. Department of Transportation. (2012). Hydraulic Design of Highway Culverts Third Edition. U. S. Department of Transportation.
- University of State Utah . (n.d.). UDOT Manual of Instruction-Roadway Drainage (US Customary Units), Culverts. Utah: University of State Utah.





# TABLA DE CONVERSIONES DE UNIDADES DE MEDIDA

Sigla	Significado	Sigla	Significado
mg	miligramo	kg/m <sup>3</sup>	kilogramo por metro cúbico
g	gramo	l/s	litros por segundo
kg	kilogramo	m <sup>3</sup> /d	metros cúbicos por día
mm	milímetro	Sm <sup>3</sup> /h	condiciones estándar de metro cúbico por hora
cm	centímetro	Scfm	condiciones estándar de pies cúbicos por minuto
m	metro	°C	grados Celsius
ml	mililitro	psia	libra-fuerza por pulgada cuadrada absoluta
l	litro	cm/s	centímetro por segundo
m <sup>3</sup>	metro cúbico	m/s	metro por segundo
s	segundo	HP	caballo de fuerza (medida de energía)
h	hora	kW	kilowatt
d	día	UNT	unidades nefelométricas de turbiedad
mg/l	miligramo por litro		

## Longitud

Sistema métrico	Sistema Inglés	Siglas
1 milímetro (mm)	0.03	in
1 centímetro (cm) = 10 mm	0.39	in
1 metro (m) = 100 cm	1.09	yd
1 kilómetro (km) = 1 000 m	0.62	mi
<b>Sistema Inglés</b>	<b>Sistema métrico</b>	
1 pulgada (in)	2.54	cm
1 pie (ft) = 12 pulgadas	0.30	m
1 yarda (yd) = 3 pies	0.91	m
1 milla (mi) = 1 760 yardas	1.60	km
1 milla náutica (nmi) = 2 025.4 yardas	1.85	km

## Superficie

Sistema métrico	Sistema inglés	Siglas
1 cm <sup>2</sup> = 100 mm <sup>2</sup>	0.15	in <sup>2</sup>
1 m <sup>2</sup> = 10 000 cm <sup>2</sup>	1.19	yd <sup>2</sup>
1 hectárea (ha) = 10 000 m <sup>2</sup>	2.47	acres
1 km <sup>2</sup> = 100 ha	0.38	mi <sup>2</sup>
Sistema Inglés	Sistema métrico	
1 in <sup>2</sup>	6.45	cm <sup>2</sup>
1 ft <sup>2</sup> = 144 in <sup>2</sup>	0.09	m <sup>2</sup>
1 yd <sup>2</sup> = 9 ft <sup>2</sup>	0.83	m <sup>2</sup>
1 acre = 4 840 yd <sup>2</sup>	4 046.90	m <sup>2</sup>
1 milla <sup>2</sup> = 640 acres	2.59	km <sup>2</sup>

## Volumen/capacidad

Sistema métrico	Sistema inglés	Siglas
1 cm <sup>3</sup>	0.06	in <sup>3</sup>
1 dm <sup>3</sup> = 1 000 cm <sup>3</sup>	0.03	ft <sup>3</sup>
1 m <sup>3</sup> = 1 000 dm <sup>3</sup>	1.30	yd <sup>3</sup>
1 litro (L) = 1 dm <sup>3</sup>	1.76	pintas
1 hectolitro (hL) = 100 L	21.99	galones
Sistema Inglés	Sistema métrico	
1 in <sup>3</sup>	16.38	cm <sup>3</sup>
1 ft <sup>3</sup> = 1 728 in <sup>3</sup>	0.02	m <sup>3</sup>
1 onza fluida EUA = 1.0408 onzas fluidas RU	29.57	mL
1 pinta (16 onzas fluidas) = 0.8327 pintas RU	0.47	L
1 galón EUA = 0.8327 galones RU	3.78	L

## Masa/peso

Sistema métrico	Sistema inglés	
1 miligramo (mg)	0.0154	grano
1 gramo (g) = 1 000 mg	0.0353	onza
1 kilogramo (kg) = 1 000 g	2.2046	libras
1 tonelada (t) = 1000 kg	0.9842	toneladas larga
Sistema Inglés	Sistema métrico	
1 onza (oz) = 437.5 granos	28.35	g
1 libra (lb) = 16 oz	0.4536	kg
1 stone = 14 lb	6.3503	kg
1 hundredweight (cwt) = 112 lb	50.802	kg
1 tonelada larga = 20 cwt	1.016	t

Temperatura

$$^{\circ}C = \frac{5}{9}(^{\circ}F - 32)$$

$$^{\circ}F = \frac{9}{5}(^{\circ}C) + 32$$

Otros sistemas de unidades		Multiplicado por	Sistema Internacional de Unidades (SI)	
Unidad	Símbolo	Factor de conversión	Se convierte a	
<b>Longitud</b>				
Pie	pie, ft.,'	0.30	metro	m
Pulgada	plg, in,"	25.40	milímetro	mm
<b>Presión/esfuerzo</b>				
Kilogramo fuerza/cm <sup>2</sup>	kg <sub>f</sub> /cm <sup>2</sup>	98 066.50	pascal	Pa
Libra/pulgada <sup>2</sup>	lb/ plg <sup>2</sup> , PSI	6 894.76	pascal	Pa
atmósfera técnica	at	98 066.50	pascal	Pa
metro de agua	m H <sub>2</sub> O (mca)	9 806.65	pascal	Pa
mm de mercurio	mm Hg	133.32	pascal	Pa
bar	bar	100 000.00	pascal	Pa
<b>Fuerza/ peso</b>				
kilogramo fuerza	kg <sub>f</sub>	9.80	newton	N
<b>Masa</b>				
libra	lb	0.45	kilogramo	kg
onza	oz	28.30	gramo	g
<b>Peso volumétrico</b>				
kilogramo fuerza/m <sup>3</sup>	kg <sub>f</sub> /m <sup>3</sup>	9.80	N/m <sup>3</sup>	N/m <sup>3</sup>
libra /ft <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	157.08	N/m <sup>3</sup>	N/m <sup>3</sup>
<b>Potencia</b>				
caballo de potencia	CP, HP	745.69	watt	W
caballo de vapor	CV	735.00	watt	W
<b>Viscosidad dinámica</b>				
poise	μ	0.01	pascal segundo	Pa s
<b>Viscosidad cinemática</b>				
viscosidad cinemática	v	1	stoke	m <sup>2</sup> /s (St)
<b>Energía/ Cantidad de calor</b>				
caloría	cal	4.18	joule	J
unidad térmica británica	BTU	1 055.06	joule	J
<b>Temperatura</b>				
grado Celsius	°C	tk=tc + 273.15	grado Kelvin	K

Nota: El valor de la aceleración de la gravedad aceptado internacionalmente es de 9.80665 m/s<sup>2</sup>

Longitud								
de / a	mm	cm	m	km	mi	milla náutica (nmi)	ft	in
mm	1.000	0.100	0.001					
cm	10000	1.000	0.010				0.033	0.394
m	1 000.000	100.000	1.000	0.001			3.281	39.370
km			0.001	1.000	0.621	0.540	3 280.83	0.039
mi			1 609.347	1.609	1.000	0.869	5 280.000	
nmi			1 852.000	1.852	1.151	1.000	6 076.115	
ft		30.480	0.305				1.000	12.000
in	25.400	2.540	0.025				0.083	1.000

Superficie								
de / a	cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	ha	mi <sup>2</sup>	acre	ft <sup>2</sup>	in <sup>2</sup>
cm <sup>2</sup>	1.00						0.001	0.155
m <sup>2</sup>	10 000.00	1.00					10.764	1 550.003
km <sup>2</sup>			1.000	100.000	0.386	247.097		
ha		10 000.00	0.010	1.000	0.004	2.471		
mi <sup>2</sup>			2.590	259.000	1.000	640.000		
acre		4 047.00	0.004	0.405	0.002	1.000		
ft <sup>2</sup>	929.03	0.09					1.000	0.007
in <sup>2</sup>	6.45						144.000	1.000

Volumen								
de / a	cm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	L	ft <sup>3</sup>	gal. EUA	acre-ft	in <sup>3</sup>	yd <sup>3</sup>
cm <sup>3</sup>	1.000		0.001				0.061	
m <sup>3</sup>		1.000	1 000.000	35.314	264.200			1.307
L	1 000.000	0.001	1.000	0.035	0.264		61.023	
ft <sup>3</sup>		0.028	28.317	1.000	7.481			0.037
gal. EUA		0.004	3.785	0.134	1.000		230.974	
acre-ft		1 233.490				1.000		
in <sup>3</sup>	16.387		0.016		0.004		1.000	
Yd <sup>3</sup>		0.765		27.000				1.000

Gasto								
de / a	l/s	cm <sup>3</sup> /s	gal/día	gal/min	l/min	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /h	ft <sup>3</sup> /s
l/s	1.000	1 000.000		15.851	60.000	86.400	3.600	0.035
cm <sup>3</sup> /s	0.001	1.000	22.825	0.016	0.060	0.083		
gal/día		0.044	1.000			0.004		
gal/min	0.063	63.089	1 440.000	1.000	0.000	5.451	0.227	0.002
l/min	0.017	16.667	0.000	0.264	1.000	1.440	0.060	
m <sup>3</sup> /día	0.012	11.570	264.550	0.183	0.694	1.000	0.042	
m <sup>3</sup> /h	0.278		6 340.152	4.403	16.667	24.000	1.000	0.010
ft <sup>3</sup> /s	28.316			448.831	1 698.960	2 446.590	101.941	1.000

Eficiencia de pozo			
de	a	gal/min/pie	l/s/m
gal/min/pie		1.000	0.206
l/s/m		4.840	1.000

Permeabilidad							
de	a	cm/s	gal/día/Pie <sup>2</sup>	millones gal/día/acre	m/día	pie/s	Darcy
cm/s		1.000	21 204.78		864.000	0.033	
gal/día/pie <sup>2</sup>			1.000		0.041		0.055
millón gal/día/acre				1.000	0.935		
m/día		0.001	24.543	1.069	1.000		1.351
pie/s		30.480			26 334.72	1.000	
Darcy			18.200		0.740		1.000

Peso									
de	a	grano	gramo	kilogramo	libra	onza	tonelada corta	tonelada larga	tonelada métrica
Grano (gr)		1.000	0.065						
Gramo (g)		15.432	1.000	0.001	0.002				
Kilogramo (kg)			1 000.000	1.000	2.205	35.273			0.001
Libra (lb)			453.592	0.454	1.000	16.000			
Onza (oz)		437.500	28.350			1.000			
t corta				907.180	2 000.000		1.000		0.907
t larga				1 016.000	2 240.000		1.119	1.000	1.016
t métrica				1 000.000	2 205.000		1.101	0.986	1.000

Potencia									
de	a	CV	HP	kW	W	ft lb/s	kg m/s	BTU/s	kcal/s
CV		1.000	0.986	0.736	735.500	542.500	75.000	0.697	0.176
HP		1.014	1.000	0.746	745.700	550.000	76.040	0.706	0.178
kW		1.360	1.341	1.000	1 000.000	737.600	101.980	0.948	0.239
W				0.001	1.000	0.738	0.102		
ft lb/s					1.356	1.000	0.138	0.001	
kg m/s		0.013	0.013	0.009	9.806	7.233	1.000	0.009	0.002
BTU/s		1.434	1.415	1.055	1 055.000	778.100	107.580	1.000	0.252
kcal/s		5.692	5.614	4.186	4 186.000	3 088.000	426.900	3.968	1.000

Presión								
de	a	atmósfera	Kg/cm <sup>2</sup>	lb/in <sup>2</sup>	mm de Hg	in de Hg	m de H <sub>2</sub> O	ft de H <sub>2</sub> O
atmósfera		1.000	1.033	14.696	760.000	29.921	10.330	33.899
kg/cm <sup>2</sup>		0.968	1.000	14.220	735.560	28.970	10.000	32.810
lb/in <sup>2</sup>		0.068	0.070	1.000	51.816	2.036	0.710	2.307
mm de Hg		0.001	0.001	0.019	1.000	0.039	0.013	0.044
in de Hg		0.033	0.035	0.491	25.400	1.000	0.345	1.133
m de agua		0.096	0.100	1.422	73.560	2.896	1.000	3.281
ft de agua		0.029	0.030	0.433	22.430	0.883	0.304	1.000

Energía									
de	a	CV hora	HP hora	kW hora	J	ft.lb	kgm	BTU	kcal
CV hora		1.000	0.986	0.736				2 510.000	632.500
HP hora		1.014	1.000	0.746				2 545.000	641.200
kW hora		1.360	1.341	1.000				3 413.000	860.000
J					1.000	0.738	0.102		
ft.lb					1.356	1.000	0.138		
kgm					9.806	7.233	1.000		
BTU					1 054.900	778.100	107.580	1.000	0.252
kcal					4 186.000	3 087.000	426.900	426.900	1.000

Transmisividad				
de	a	cm <sup>2</sup> /s	gal/día/pie	m <sup>2</sup> /día
cm <sup>2</sup> /s		1.000	695.694	8.640
gal/día/ft		0.001	1.000	0.012
m <sup>2</sup> /día		0.116	80.520	1.000

Conversión de pies y pulgadas, a metros												
ft, in/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0.000	0.025	0.051	0.076	0.102	0.127	0.152	0.178	0.203	0.229	0.254	0.279
1	0.305	0.330	0.356	0.381	0.406	0.432	0.457	0.483	0.508	0.533	0.559	0.584
2	0.610	0.635	0.660	0.686	0.711	0.737	0.762	0.787	0.813	0.838	0.864	0.889
3	0.914	0.940	0.965	0.991	1.016	1.041	1.067	1.092	1.176	1.143	1.168	1.194
4	1.219	1.245	1.270	1.295	1.321	1.346	1.372	1.397	1.422	1.448	1.473	1.499
5	1.524	1.549	1.575	1.600	1.626	1.651	1.676	1.702	1.727	1.753	1.778	1.803
6	1.829	1.854	1.880	1.905	1.930	1.956	1.981	2.007	2.032	2.057	2.083	2.108
7	2.134	2.159	2.184	2.210	2.235	2.261	2.286	2.311	2.337	2.362	2.388	2.413
8	2.438	2.464	2.489	2.515	2.540	2.565	2.591	2.616	2.642	2.667	2.692	2.718
9	2.743	2.769	2.794	2.819	2.845	2.870	2.896	2.921	2.946	2.972	2.997	3.023
10	3.048	3.073	3.099	3.124	3.150	3.175	3.200	3.226	3.251	3.277	3.302	3.327
11	3.353	3.378	3.404	3.429	3.454	3.480	3.505	3.531	3.556	3.581	3.607	3.632
12	3.658	3.683	3.708	3.734	3.759	3.785	3.810	3.835	3.861	3.886	3.912	3.937
13	3.962	3.988	4.013	4.039	4.064	4.089	4.115	4.140	4.166	4.191	4.216	4.242
14	4.267	4.293	4.318	4.343	4.369	4.394	4.420	4.445	4.470	4.496	4.521	4.547
15	4.572	4.597	4.623	4.648	4.674	4.699	4.724	4.750	4.775	4.801	4.826	4.851
16	4.877	4.902	4.928	4.953	4.978	5.004	5.029	5.055	5.080	5.105	5.131	5.156
17	5.182	5.207	5.232	5.258	5.283	5.309	5.334	5.359	5.385	5.410	5.436	5.461
18	5.486	5.512	5.537	5.563	5.588	5.613	5.639	5.664	5.690	5.715	5.740	5.766
19	5.791	5.817	5.842	5.867	5.893	5.918	5.944	5.969	5.994	6.020	6.045	6.071
20	6.096	6.121	6.147	6.172	6.198	6.223	6.248	6.274	6.299	6.325	6.350	6.375
21	6.401	6.426	6.452	6.477	6.502	6.528	6.553	6.579	6.604	6.629	6.655	6.680
22	6.706	6.731	6.756	6.782	6.807	6.833	6.858	6.883	6.909	6.934	6.960	6.985
23	7.010	7.036	7.061	7.087	7.112	7.137	7.163	7.188	7.214	7.239	7.264	7.290
24	7.315	7.341	7.366	7.391	7.417	7.442	7.468	7.493	7.518	7.544	7.569	7.595
25	7.620	7.645	7.671	7.696	7.722	7.747	7.772	7.798	7.823	7.849	7.874	7.899
26	7.925	7.950	7.976	8.001	8.026	8.052	8.077	8.103	8.128	8.153	8.179	8.204
27	8.230	8.255	8.280	8.306	8.331	8.357	8.382	8.407	8.433	8.458	8.484	8.509
28	8.534	8.560	8.585	8.611	8.636	8.661	8.687	8.712	8.738	8.763	8.788	8.814
29	8.839	8.865	8.890	8.915	8.941	8.966	8.992	9.017	9.042	9.068	9.093	9.119
30	9.144	9.169	9.195	9.220	9.246	9.271	9.296	9.322	9.347	9.373	9.398	9.423
31	9.449	9.474	9.500	9.525	9.550	9.576	9.601	9.627	9.652	9.677	9.703	9.728
32	9.754	9.779	9.804	9.830	9.855	9.881	9.906	9.931	9.957	9.982	10.008	10.033
33	10.058	10.084	10.109	10.135	10.160	10.185	10.211	10.236	10.262	10.287	10.312	10.338
34	10.363	10.389	10.414	10.439	10.465	10.490	10.516	10.541	10.566	10.592	10.617	10.643
35	10.668	10.693	10.719	10.744	10.770	10.795	10.820	10.846	10.871	10.897	10.922	10.947

La segunda columna es la conversión de pies a metros; las siguientes columnas son la conversión de pulgadas a metros que se suman a la anterior conversión.



Tabla de conversión de pulgadas a milímetros								
Pulgadas	0	1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
0	0	3.175	6.35	9.525	12.7	15.875	19.05	22.225
1	25.4	28.575	31.75	34.925	38.1	41.275	44.45	47.625
2	50.8	53.975	57.15	60.325	63.5	66.675	69.85	73.025
3	76.2	79.375	82.55	85.725	88.9	92.075	95.25	98.425
4	101.6	104.775	107.95	111.125	114.3	117.475	120.65	123.825
5	127.0	130.175	133.35	136.525	139.7	142.875	146.05	149.225
6	152.4	155.575	158.75	161.925	165.1	168.275	171.45	174.625
7	177.8	180.975	184.15	187.325	190.5	193.675	196.85	200.025
8	203.2	206.375	209.55	212.725	215.9	219.075	222.25	225.425
9	228.6	231.775	234.95	238.125	241.3	244.475	247.65	250.825
10	254.0	257.175	260.35	263.525	266.7	269.875	273.05	276.225
11	279.4	282.575	285.75	288.925	292.1	295.275	298.45	301.625
12	304.8	307.975	311.15	314.325	317.5	320.675	323.85	327.025
13	330.2	333.375	336.55	339.725	342.9	346.075	349.25	352.425
14	355.6	358.775	361.95	365.125	368.3	371.475	374.65	377.825
15	381.0	384.175	387.35	390.525	393.7	396.875	400.05	403.225
16	406.4	409.575	412.75	415.925	419.1	422.275	425.45	428.625
17	431.8	434.975	438.15	441.325	444.5	447.675	450.85	454.025
18	457.2	460.375	463.55	466.725	469.9	473.075	476.25	479.425
19	482.6	485.775	488.95	492.125	495.3	498.475	501.65	504.825
20	508.0	511.175	514.35	517.525	520.7	523.875	527.05	530.225
21	533.4	536.575	539.75	542.925	546.1	549.275	552.45	555.625
22	558.8	561.975	565.15	568.325	571.5	574.675	577.85	581.025
23	584.2	587.375	590.55	593.725	596.9	600.075	603.25	606.425
24	609.6	612.775	615.95	619.125	622.3	625.475	628.65	631.825
25	635.0	638.175	641.35	644.525	647.7	650.875	654.05	657.225
26	660.4	663.575	666.75	669.925	673.1	676.275	679.45	682.625
27	685.8	688.975	692.15	695.325	698.5	701.675	704.85	708.025
28	711.2	714.375	717.55	720.725	723.9	727.075	730.25	733.425
29	736.6	739.775	742.95	746.125	749.3	752.475	755.65	758.825
30	762.0	765.175	768.35	771.525	774.7	777.875	781.05	784.225

Fórmulas generales para la conversión de los diferentes sistemas

Centígrados a Fahrenheit	$^{\circ}\text{F} = 9/5^{\circ}\text{C} + 32$
Fahrenheit a Centígrados	$^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$
Réaumur a Centígrados	$^{\circ}\text{C} = 5/4 ^{\circ}\text{R}$
Fahrenheit a Réaumur	$^{\circ}\text{R} = 4/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$
Réaumur a Fahrenheit	$^{\circ}\text{F} = (9/4^{\circ}\text{R}) + 32$
Celsius a Kelvin	$^{\circ}\text{K} = 273.15 + ^{\circ}\text{C}$
Fahrenheit a Rankine	$^{\circ}\text{Ra} = 459.67 + ^{\circ}\text{F}$
Rankine a Kelvin	$^{\circ}\text{K} = 5/9^{\circ}\text{Ra}$

Factores químicos de conversión					
	A	B	C	D	E
Constituyentes	eppm a ppm	ppm a epm	eppm a gpg	gpg a epm	ppm a ppm CaCO <sub>3</sub>
calcio Ca <sup>+2</sup>	20.04	0.04991	1.1719	0.8533	2.4970
hierro Fe <sup>+2</sup>	27.92	0.03582	1.6327	0.6125	1.7923
magnesio Mg <sup>+2</sup>	12.16	0.08224	0.7111	1.4063	4.1151
potasio K <sup>+1</sup>	39.10	0.02558	2.2865	0.4373	1.2798
sodio Na <sup>+1</sup>	23.00	0.04348	1.3450	0.7435	2.1756
bicarbonato (HCO <sub>3</sub> ) <sup>-1</sup>	61.01	0.01639	3.5678	0.2803	0.8202
carbonato (CO <sub>3</sub> ) <sup>-2</sup>	30.00	0.03333	1.7544	0.5700	1.6680
cloro (Cl) <sup>-1</sup>	35.46	0.02820	2.0737	0.4822	1.4112
hidróxido (OH) <sup>-1</sup>	17.07	0.05879	0.9947	1.0053	2.9263
nitrito (NO <sub>2</sub> ) <sup>-1</sup>	62.01	0.01613	3.6263	0.2758	0.8070
fosfato (PO <sub>4</sub> ) <sup>-3</sup>	31.67	0.03158	1.8520	0.5400	1.5800
sulfato (SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup>	48.04	0.02082	2.8094	0.3559	1.0416
bicarbonato de calcio Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	805.00	0.01234	4.7398	0.2120	0.6174
carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> )	50.04	0.01998	2.9263	0.3417	1.0000
cloruro de calcio (CaCl <sub>2</sub> )	55.50	0.01802	3.2456	0.3081	0.9016
hidróxido de calcio Ca(OH) <sub>2</sub>	37.05	0.02699	2.1667	0.4615	1.3506
sulfato de calcio (CaSO <sub>4</sub> )	68.07	0.01469	3.9807	0.2512	0.7351
bicarbonato férrico Fe(HCO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	88.93	0.01124	5.2006	0.1923	0.5627
carbonato férrico Fe <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	57.92	0.01727	3.3871	0.2951	0.8640
sulfato férrico Fe <sub>2</sub> (CO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	75.96	0.01316	4.4421	0.2251	0.6588
bicarbonato magnésico Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	73.17	0.01367	4.2789	0.2337	0.6839
carbonato magnésico (MgCO <sub>3</sub> )	42.16	1.02372	2.4655	0.4056	1.1869
cloruro de magnesio (MgCl <sub>2</sub> )	47.62	0.02100	2.7848	0.3591	1.0508
hidróxido de magnesio Mg(OH) <sub>2</sub>	29.17	0.03428	1.7058	0.5862	1.7155
sulfato de magnesio (MgSO <sub>4</sub> )	60.20	0.01661	3.5202	0.2841	0.6312

eppm = equivalentes por millón

ppm = partes por millón

gpg = granos por galón

p.p.m. CaCO<sub>3</sub> = partes por millón de carbonato de calcio



# ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 Trazo de la red de atarjeas en bayoneta	4
Ilustración 1.2 Trazo de la red de atarjeas en peine	4
Ilustración 1.3 Trazo de la red de atarjeas combinado	5
Ilustración 1.4 Modelo perpendicular	7
Ilustración 1.5 Modelo radial	8
Ilustración 1.6 Modelo de interceptores	9
Ilustración 1.7 Modelo de abanico	10
Ilustración 2.1 Tipos de uniones en tuberías de concreto	15
Ilustración 2.2 Tubería de concreto reforzado con revestimiento interior (CRRRI)	16
Ilustración 2.3 Tubería y piezas especiales de PVC de pared estructurada	23
Ilustración 2.4 Unión campana espiga en tubería de PVC	23
Ilustración 2.5 Tubería de pared estructurada de perfil abierto	24
Ilustración 2.6 Tubería de pared estructurada corrugada de doble pared	24
Ilustración 2.7 Tubería de pared estructurada de perfil cerrado	24
Ilustración 2.8 Tubería de pared estructurada de perfil abierto helicoidal	25
Ilustración 2.9 Detalle del refuerzo metálico	25
Ilustración 2.10 Perfil de estructurado longitudinalmente	25
Ilustración 2.11 Tipos de uniones en tuberías de polietileno	35
Ilustración 2.12 Codo hermético y descarga domiciliaria en Tee y silleta de concreto	36
Ilustración 2.13 Codo de concreto con junta hermética	36
Ilustración 2.14 Descarga domiciliaria con tubería de fibrocemento	37
Ilustración 2.15 Descarga domiciliaria con tubería de PVC	38
Ilustración 2.16 Descarga con silleta Clic y tubo	39
Ilustración 2.17 Descarga con silleta Cementar 90°	39
Ilustración 2.18 Descarga domiciliaria con tubería de polietileno en Yee	40
Ilustración 2.19 Descarga domiciliaria con tubería de polietileno con abrazadera	40
Ilustración 2.20 Interconexión de PUR (tubería de plástico y concreto)	40
Ilustración 2.21 Slant de poliuretano	40
Ilustración 2.22 Registro de albañal	41
Ilustración 2.23 Componentes de los pozos de visita	43
Ilustración 2.24 Ensamble de un pozo de visita monolítico	44
Ilustración 2.25 Piezas que integran un pozo de visita monolítico	45
Ilustración 2.26 Pozo de visita de PRFV tipo A	46
Ilustración 2.27 Detalle de losa tapa para pozo de visita de PRFV	47
Ilustración 2.28 Pozos de visita construidos en sitio	48
Ilustración 2.29 Colocación de manga de empotramiento de poliuretano rígido (PUR)	49

Ilustración 2.30 Pozo común	50
Ilustración 2.31 Pozo tipo especial	51
Ilustración 2.32 Pozo tipo caja	52
Ilustración 2.33 Pozo caja de unión tipo 1 y tipo 2	53
Ilustración 2.34 Pozo caja deflexión	54
Ilustración 2.35 Pozo de caída escalonada	55
Ilustración 2.36 Pozo de caída adosada o cámara de limpieza	56
Ilustración 2.37 Sifón invertido de tres tuberías ramas oblicuas	57
Ilustración 2.38 Sifón invertido de dos tuberías ramas verticales	57
Ilustración 2.39 Sifón invertido de dos tuberías ramas oblicuas	58
Ilustración 2.40 Cruce con estructura de acero	60
Ilustración 3.1 Diagrama de flujo para el diseño de redes	65
Ilustración 3.2 Plano topográfico	67
Ilustración 3.3 Plano actualizado de la red	68
Ilustración 3.4 Plano de uso de suelo y catastro	69
Ilustración 3.5 Pendientes mínimas recomendadas para $v = 0.6$ m/s a tubo lleno	74
Ilustración 3.6 Características de una zanja	76
Ilustración 3.7 Pozo de vista prefabricado de fibrocemento	88
Ilustración 3.8 Pozo de visita prefabricado de concreto	88
Ilustración 3.9 Elementos de tubería	100
Ilustración 3.10 Conexiones	101
Ilustración 3.11 Características hidráulicas de una tubería	104
Ilustración 3.12 Elementos hidráulicos de la sección circular	105
Ilustración 3.13 Tubería de llegada con ángulo menor a $90^\circ$ con respecto al sentido del flujo	111
Ilustración 3.14 Configuración para una llegada con ángulo mayor $90^\circ$ con respecto al sentido del flujo	111
Ilustración 3.15 Símbolos para planos de alcantarillado sanitario	124
Ilustración 4.1 Plano predial	126
Ilustración 4.2 Plano topográfico	127
Ilustración 4.3 Plano de red existente	128
Ilustración 4.4 Trazo de parteaguas naturales	129
Ilustración 4.5 Trazo de parteaguas considerando traza urbana	129
Ilustración 4.6 Propuesta de arreglo de la red de atarjeas	130
Ilustración 4.7 Ubicación de pozos de visita	131
Ilustración 4.8 Zona de la red para ejemplo de diseño	132
Ilustración 4.9 Asignación de predios por tramo	133
Ilustración 4.10 Cotas de terreno en pozos de visita y longitud de tramos de tubería	137
Ilustración 4.11 Plano de la red diseñada	141
Ilustración 4.12 Datos geométricos	143
Ilustración 4.13 Datos de flujo	144
Ilustración 4.14 Resultados iniciales del modelo	144



Ilustración 5.36 Método de construcción de zanja y sistema de colocación del suelo en la transición roca-suelo o en caso de cambios abruptos de plantilla de cambios abruptos de plantilla	178
Ilustración 5.37 Apoyo correcto sobre plantilla	179
Ilustración 5.38 Instalación tipo 1	181
Ilustración 5.39 Instalación tipo 2	181
Ilustración 5.40 Método de construcción de zanja y sistema de colocación del suelo en la transición roca-suelo o en caso de cambios abruptos de plantilla	182
Ilustración 5.41 Montaje del cople en el tubo	185
Ilustración 5.42 Montaje del tubo con abrazadera	186
Ilustración 5.43 Montaje de tubos con fajas teladas	186
Ilustración 5.44 Determinación del diámetro inicial de un tubo no instalado	188
Ilustración 5.45 Sección transversal de la zanja mostrando los elementos mencionados en la terminología ( ASTM D 2488)	189
Ilustración 5.46 Materiales Clase IA	190
Ilustración 5.47 Materiales Clase IB	190
Ilustración 5.48 Materiales Clase II	190
Ilustración 5.49 Materiales Clase III	191
Ilustración 5.50 Materiales Clase IV – A	191
Ilustración 5.51 Materiales para el control del Agua	193
Ilustración 5.52 Densidad mínima	196
Ilustración 5.53 Para descargar los tubos tendrán que rodarlos sobre polines de madera	197
Ilustración 5.54 Accesorio (pinza) para maniobra (levante) de tubería de diámetros mayores	199
Ilustración 5.55 Ejemplos de levante de tubería	199
Ilustración 5.56 Zanja	200
Ilustración 5.57 Zanja terraplenada	200
Ilustración 5.58 Terraplén	201
Ilustración 5.59 Zanja inducida	201
Ilustración 5.60 Instalación múltiple	203
Ilustración 5.61 Hincado de tubería en obra	204
Ilustración 5.62 Ejemplo de construcción hincado de tubería	204
Ilustración 5.63 Eslinga Materiales Clase IA	206
Ilustración 5.64 Pinza (de maniobra)	206
Ilustración 5.65 Con orificio de maniobra	206
Ilustración 5.66 Estrobo de acero	206
Ilustración 5.67 Colocación de la junta	207
Ilustración 5.68 Ensamble manual	207
Ilustración 5.69 Ensamble manual	207
Ilustración 5.70 Ensamble mecánico	208
Ilustración 5.71 Palanca mecánica y polín	208
Ilustración 5.72 Maquinaria y estrobo	208

Ilustración 5.73 Separación recomendada	209
Ilustración 5.74 Abrir caja donde apoya la campo, para que apoye el barril del tubo	209
Ilustración 5.75 Posición correcta el roce parejo de la junta de hule en toda la periferia de la campana	209
Ilustración 5.76 Tubo a reparar	211
Ilustración 5.77 Pruebas de Ranura y Rotura (rr)	222
Ilustración 5.78 Detalles típicos de una unión de campana y espiga reforzada para Tubo de Polietileno Reforzado de Acero	230
Ilustración 5.79 Instalación típica para profundidades de colchón hasta de 75% del colchón permitido	231
Ilustración 5.80 Instalación colchón bajo (<610 mm de arriba del pavimento a la parte superior del tubo)	231
Ilustración 5.81 Colchón temporal para cargas de construcción	234
Ilustración 5.82 Descarga correcta	236
Ilustración 5.83 Apilado alternando la campana	236
Ilustración 5.84 Sección de zanja típica para instalación de tubería de polietileno	239
Ilustración 5.85 Terminología de zanja tipo	241
Ilustración 5.86 Dimensiones mínimas del acostillado y relleno de zanja tipo	241
Ilustración 5.87 Relleno forma simétrica a ambos lados de la tubería	243
Ilustración 5.88 Aspecto del acostillado antes de la prueba de hermeticidad	243
Ilustración 5.89 Acostillado de alta resistencia con grava y relleno final de arena	244
Ilustración 5.90 Acostillado y relleno de grava para recubrimiento mínimo	245
Ilustración 5.91 Reparación con un cople banda	247
Ilustración 5.92 Unión con un cople de reparación	247
Ilustración A.1 Deflexiones en la tubería	258
Plano B.1 Pozo de visita común Tipo A	263
Plano B.2 Pozo de visita común Tipo B	264
Plano B.3 Pozo de visita Tipo Especial 1	265
Plano B.4 Pozo de visita Tipo Especial 2	266
Plano B.5 Pozo de visita y conexión de subcolectores hasta 0.91 m de f para colectores de f 1.50 a 3.05 m	267
Plano B.6 Pozo de visita para dos colectores de diámetro 1.83 m	268
Plano B.7 Pozo de visita para colectores de diámetro 1.83, 2.13 y 2.44 m	269
Plano B.8 Pozo de visita con chimenea de tabique para diámetros de 2.44 m	270
Plano B.9 Caja unión Tipo 1 (tubería de 1.22 m con entronque hasta 0.76 m de diámetro)	271
Plano B.10 Caja unión Tipo 2 (para tubería de 1.52 a 1.83 m con entronque de tubería hasta 0.76 m de diámetro)	272
Plano B.11 Pozo de visita caja unión Tipo 1 (tubería de 1.52 m con entronque de 0.91 a 1.22 m de diámetro)	273



Plano B.12 Pozo de visita caja unión Tipo 1 (tubería de 1.83 a 2.13 m con entronque de 1.52 a 1.83 m de diámetro)	274
Plano B.13 Pozo caja unión Tipo 2 (tubería de 2.13 m con entronque de 1.52 a 1.83 m de diámetro)	275
Plano B.14 Pozo de deflexiones hasta 45° (diámetros: 1.52 a 3.05 m)	276
Plano B.15 Pozo con caída (tubería de 0.30 a 0.76 m de diámetro)	277
Plano B.16 Pozo con caída adosada hasta 2.00 m	278
Plano B.17 Caja de caída para tuberías de 0.76, 0.91 y 1.07 m de diámetro	279
Plano B.18 Estructura de caída escalonada	280
Plano B.19 Brocal y tapa de concreto	281
Plano B.20 Brocal y tapa de concreto de FO.FO.	282
Plano B.21 Cajas de concreto con loza-tapa remobile (marimbas)	283
Plano B.22 Arreglos de coladeras de piso y banqueteta	284
Plano B.23 Coladeras de piso y banquetas	285
Plano B.24 Coladeras de piso	286
Plano B.25 Detalles de bocas de tormenta Tipo 1 y Tipo 2	287
Plano B.26 Detalles de coladeras en conductos Tipo I al IV	288
Plano B.27 Estructura de descarga esviada (tuberías hasta 0.76 m de diámetro)	289
Plano B.28 Estructura de descarga (tubería de 2.00 a 3.00 m de diámetro)	290
Plano B.29 Sifón conducto o tubería	291
Plano B.30 Sifón paso a desnivel	292
Plano B.31 Sifón invertido para librar un río	293

## TABLAS

Tabla 2.1 Información general de la tubería de acero	12
Tabla 2.2 Información específica de la tubería de acero	12
Tabla 2.3 Clasificación de tubos de concreto reforzado con base a su capacidad de resistir cargas externas	15
Tabla 2.4 Tipos de uniones en tuberías de concreto	15
Tabla 2.5 Requisitos de diseño para tubos de concreto reforzado Grado 1	17
Tabla 2.6 Requisitos de diseño para tubos de concreto reforzado Grado 2	18
Tabla 2.7 Requisitos de diseño para tubos de concreto reforzado Grado 3	19
Tabla 2.8 Requisitos de diseño para tubos de concreto reforzado Grado 4	20
Tabla 2.9 Información general de la tubería de policloruro de vinilo (PVC)	22
Tabla 2.10 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared sólida serie 25	26
Tabla 2.11 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared sólida serie 20	26
Tabla 2.12 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared sólida serie 16.5	27
Tabla 2.13 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared sólida serie inglesa tipo 51	27
Tabla 2.14 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared sólida serie inglesa tipo 41, rigidez mínima de 0.19 MPa	28
Tabla 2.15 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared sólida serie inglesa tipo 35, rigidez mínima de 0.32 MPa	28
Tabla 2.16 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared sólida serie inglesa rd 35, rigidez mínima de 0.32 MPa (ASTM-D3034)	28
Tabla 2.17 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared estructurada longitudinalmente, serie métrica rigidez mínima de 0.19 MPa	29
Tabla 2.18 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared estructurada con perfiles abiertos en el exterior y superficie interna lisa, serie inglesa, rigidez mínima de 0.13 MPa	29
Tabla 2.19 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared estructurada con perfiles abiertos en el exterior y superficie interna lisa, con refuerzo metálico, serie inglesa, rigidez mínima de 0.13 MPa	30
Tabla 2.20 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared estructurada anularmente, serie métrica, rigidez mínima de 0.19 y 0.24 MPa	31
Tabla 2.21 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared estructurada, perfil abierto-interior liso, serie 46, rigidez mínima de 0.32 MPa	31
Tabla 2.22 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared corrugada doble pared-interior lisa, serie 46, rigidez mínima de 0.32 MPa	32
Tabla 2.23 Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado pared estructurada perfil cerrado-interior liso, serie 46, rigidez mínima de 0.32 MPa	32
Tabla 2.24 Información general de la tubería de polietileno de alta densidad (PEAD)	33

Tabla 2.25 Información general de la tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) de pared estructurada	33
Tabla 2.26 Información general de la tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) de pared sólida	34
Tabla 2.27 Medidas de descarga domiciliaria de Tee o silleta de concreto (Ilustración 2.12 b)	36
Tabla 2.28 Medidas de codo de concreto con junta hermética	37
Tabla 3.1 Gasto mínimo de aguas residuales	71
Tabla 3.2 Velocidades máximas y mínimas permisibles en tuberías	73
Tabla 3.3 Pendientes mínimas por tipo de tubería	75
Tabla 3.4 Tipos de pozos de visita	78
Tabla 3.5 Características de los pozos de visita de concreto prefabricados	89
Tabla 3.6 Espesor del pozo de visita para diámetro interior de 48" y 60"	89
Tabla 3.7 Características del pozo de visita	90
Tabla 3.8 Características de la Tee	93
Tabla 3.9 Características de los codos	93
Tabla 3.10 Características de la manga de empotramiento hermético	93
Tabla 3.11 Tipos de estructuras de caída	93
Tabla 3.12 Conexiones de tubería	94
Tabla 3.13 Valores del coeficiente de rugosidad n de Manning para conducciones a superficie libre	102
Tabla 3.14 Valores del coeficiente de rugosidad n de Manning recomendados para el diseño de conducciones a superficie libre	103
Tabla 3.15 Elementos hidráulicos en tuberías de sección circular	105
Tabla 3.16 Valores permisibles de acuerdo con el material de la tubería	121
Tabla 4.1 Promedio del consumo de agua potable estimado por clima predominante	134
Tabla 4.2 Estimación del gasto de aporte por tramo	134
Tabla 4.3 Estimación de la pendiente por tramo	137
Tabla 4.4 Condiciones hidráulicas a tubo lleno y a superficie libre	139
Tabla 4.5 Datos generales del proyecto	140
Tabla 4.6 Calculo de volúmenes de excavación y relleno	142
Tabla 5.1 Dimensiones de zanja para tubería de alcantarillado	149
Tabla 5.2 Coeficientes de transformación	157
Tabla 5.3 Coeficientes de transformación	158
Tabla 5.4 Coeficientes de transformación (K)	159
Tabla 5.5 Limitaciones de conexiones para diferentes diámetros de tubería	162
Tabla 5.6 Materiales de relleno	179
Tabla 5.7 Tamaño máximo de las partículas	180
Tabla 5.8 Resumen de recomendaciones para la compactación del relleno en la zona de tubo	183
Tabla 5.9 Cobertura mínima para compactación sobre la tubería	184
Tabla 5.10 Deflexión vertical inicial permitida	184
Tabla 5.11 Deflexión angular en el cople con doble sello	186
Tabla 5.12 Desviación y radio de curvatura	187
Tabla 5.13 Deflexión vertical permitida	187

Tabla 5.14 Clasificación de suelos y valores del E' (Módulo de reacción del suelo modificado kg/cm <sup>2</sup> )	189
Tabla 5.15 Estiba de tubería en obra (recomendación).	197
Tabla 5.16 Anchos de zanja, plantilla y colchón mínimo	198
Tabla 5.17 Grado máximo de deflexión permanente permitido	217
Tabla 5.18 Dimensión de tubo de polietileno reforzado de acero y pesos de manejo	228
Tabla 5.19 Significado de los incisos de la Ilustración 5.79 e Ilustración 5.80	232
Tabla 5.20 Materiales de relleno aceptables y requerimientos de compactación	232
Tabla 5.21 Límites de altura de colchón H20-25 / HS20-25	234
Tabla 5.22 Cargas pesadas de construcción	234
Tabla 5.23 Dimensiones de tubo	235
Tabla 5.24 Ajuste de pendientes por espesores de pared*	237
Tabla 5.25 Anchos de zanja mínimos recomendados para instalación de tubería de polietileno de alta densidad	238
Tabla 5.26 Módulo de reacción del suelo (E') según el material y grado de compactación de acuerdo a la norma ASTM D2321 (unidades en MPa (psi)	242
Tabla 5.27 Clases de materiales para encamado y relleno final	251
Tabla 5.28 Recomendaciones para la instalación y utilización de suelos y agregados para cimentaciones, plantilla y rellenos	253

