

4.8. Condiciones óptimas de diseño y de funcionamiento hidráulico

- Durante el diseño de una red de alcantarillado, se pretende que:
 - a) Los costos de construcción no sean elevados
 - b) La red sea funcional en los aspectos asociados con la operación y mantenimiento.
- Conviene que antes de abordar el procedimiento de diseño de una red de alcantarillado se revisen las recomendaciones prácticas para lograr un diseño económico y eficiente.
- En general, puede afirmarse que una red de alcantarillado ha sido bien diseñada cuando:
 - 1) Se han trazado atarjeas, colectores y emisores reduciendo las distancias de recorrido hacia los sitios de vertido.
 - 2) Existe el menor número posible de descargas por bombeo, tratando de que el sistema trabaje exclusivamente por gravedad.
 - 3) Las pendientes de las tuberías dan al flujo velocidades aceptables en un rango específico donde se evita por una parte, la sedimentación y azolve en las tuberías, y por otra, la erosión en las paredes de los conductos.
 - 4) Se tienen volúmenes de excavación reducidos, procurando dar a las tuberías la profundidad mínima indispensable para resistir cargas vivas y evitar su ruptura.
 - 5) Es sencillo inspeccionar y dar un mantenimiento adecuado a la red de tuberías.
- Las características anteriores permiten un diseño económico y funcional de la red en aspectos relacionados con la construcción y operación de la misma.
- En general es necesario precisar los lineamientos de diseño de 5 aspectos asociados con:
 - a) Diámetro mínimo de diseño de las tuberías
 - b) Velocidades permisibles de escurrimiento
 - c) Pendientes de diseño
 - d) Zanjas para la instalación de tuberías
 - e) Conexiones de tuberías

4.8.1. Diámetro mínimo de diseño de las tuberías

- El diámetro mínimo que se recomienda para atarjeas en alcantarillado pluvial es de 30 cm.
- Su objetivo es evitar frecuentes obstrucciones en las tuberías abatiendo por consiguiente los costos de conservación y operación del sistema.

4.8.2. Velocidades permisibles de escurrimiento

- Las velocidades límite del escurrimiento tienen por finalidad, por una parte, evitar la sedimentación y azolvamiento de la tubería y por la otra, evitar la erosión de las paredes del conducto. A estas velocidades se les llama mínima y máxima, respectivamente.
- A tubo parcialmente lleno, la velocidad mínima permisible es de 60 cm/s.
- Cuando el flujo es a tubo lleno, la velocidad mínima permisible es de 90 cm/s.
- La velocidad máxima permisible varía de 3 a 5 m/s, e incluso más dependiendo de la resistencia del material de la tubería. La tabla 4.2 indica valores comunes de velocidades máximas permisibles.
- En casos excepcionales, en tramos aislados de tubería, se pueden presentar velocidades de hasta 8 m/s.
- En los casos anteriores, se pueden aceptar con la debida autorización del proyecto, por lo que se tendrá que realizar un estudio del funcionamiento hidráulico y de la resistencia del material de las paredes del conducto.

Tabla 4.2. Velocidad máxima permisible

Tipo de tubería	Velocidad máxima, m/s
Concreto simple hasta 45 cm de diámetro	3.0
Concreto reforzado de 61 cm diámetro o mayores	3.5
Fibrocemento	5.0
Poli (cloruro de vinilo) PVC	5.0
Polietileno de alta densidad	5.0

4.8.3. Pendientes de diseño

- La pendiente de las tuberías debe ser lo más semejante, como sea posible, a las del terreno natural, con objeto de tener excavaciones mínimas, pero tomando en cuenta la siguiente:

a) Pendientes mínimas

Casos normales. Son las que se dispone del desnivel topográfico necesario. Se acepta como pendiente mínima la que produce una velocidad de 90 cm/s a tubo lleno.

Casos excepcionales. Son aquellas pendientes a usarse en lugares de desnivel pequeño y para evitar la construcción de una planta de bombeo, se sacrifica la eficiencia de la atarjea. Se acepta como pendiente mínima aquella que produce una velocidad de 60 cm/s, con un tirante igual o mayor de 3 cm.

b) Pendientes máximas

Son aquellas pendientes que producen velocidades máximas de 3 a 5 m/s, trabajando normalmente.

En lugares donde la topografía es muy abrupta, el Instituto de Ingeniería, ha efectuado estudios en tuberías de concreto reforzado, concluyendo que en casos excepcionales, para este tipo de material la velocidad máxima puede ser hasta 8 m/s.

4.8.4. Zanjas para la instalación de tuberías

- a) Las tuberías se instalan superficialmente, enterradas o una combinación de ambas, dependiendo de la topografía, tipo de tubería y características del terreno.
- b) Normalmente las tuberías para drenaje pluvial se instalan enterradas (Ver figura 4.18).
- c) Para obtener la máxima protección de las tuberías se recomienda colocarlas en zanjas, de acuerdo a lo señalado en las especificaciones de construcción del fabricante o a lo que se menciona a continuación.

a) Anchos de zanjas

En la tabla 4.3 se indica el ancho recomendable de la zanja para diferentes diámetros de tuberías.

Tabla 4.3. Ancho de zanja para diversos diámetros de tuberías

Diámetro del tubo, cm	Ancho de la zanja, cm
30	85
38	100
45	110
61	130
75	150
90	170
107	195
122	215
152	250
183	285
213	320
244	355

b) Profundidad de zanjas

La profundidad 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 figura 4.18 indica, a través de un croquis, las características básicas de una zanja.
- Topografía y trazo. Influyen en la profundidad máxima que se le da a la tubería.
- Velocidades máxima y mínima. Están relacionadas con las pendientes de proyecto.
- Existencia de conductos de otros servicios.
- Economía en las excavaciones.

b₁). Profundidad mínima

La determina el colchón mínimo necesario para la tubería, con el fin de evitar rupturas de ésta ocasionadas por cargas vivas. Existe un método para calcular las cargas sobre tuberías.

En la práctica, se recomiendan los valores de la tabla 4.4 para establecer el colchón mínimo.

Tabla 4.4. Colchón mínimo para tuberías

Diámetro del tubo	Colchón mínimo, cm
Tuberías con diámetro hasta 45 cm	90
Tuberías con diámetros mayores a 45 y hasta 122 cm.	100
Tuberías con diámetros mayores a 122 cm	150

Los colchones mínimos indicados anteriormente, podrán modificarse en casos especiales previo análisis particular y justificando para cada caso.

Los factores principales que intervienen para modificar 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.

b₂). Profundidad máxima

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

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.

c) Plantilla o cama

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

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

El espesor de la plantilla o cama será de 10 cm, siendo el espesor mínimo sobre el eje vertical de la tubería de 5 cm, tal como se señala en la figura 4.18.

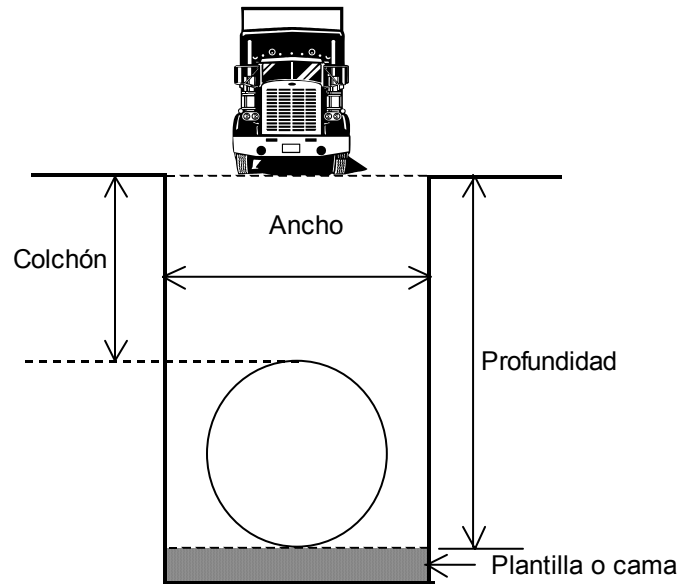


Figura 4.18. Características de una zanja

4.8.5. Conexiones de tuberías

- Debido a los cambios de diámetro que existen en una red de tuberías, resulta conveniente definir la **forma correcta de conectar las tuberías** en los pozos de visita.
- La figura 4.19 indica los nombres que se les da a las partes de una tubería.

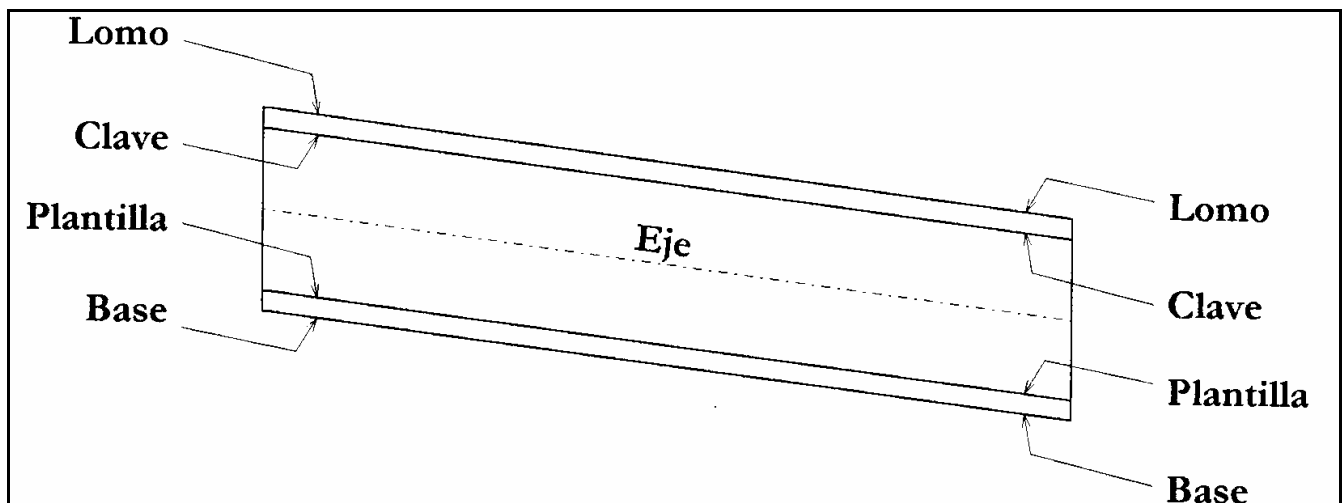


Figura 4.19. Elementos de una tubería

- De acuerdo a las características del proyecto, se pueden efectuar las conexiones de las tuberías haciendo coincidir las claves, los ejes o las plantillas de los tramos de diámetro diferente, tal como se muestran en las figuras 4.20, 4.21 y 4.22.

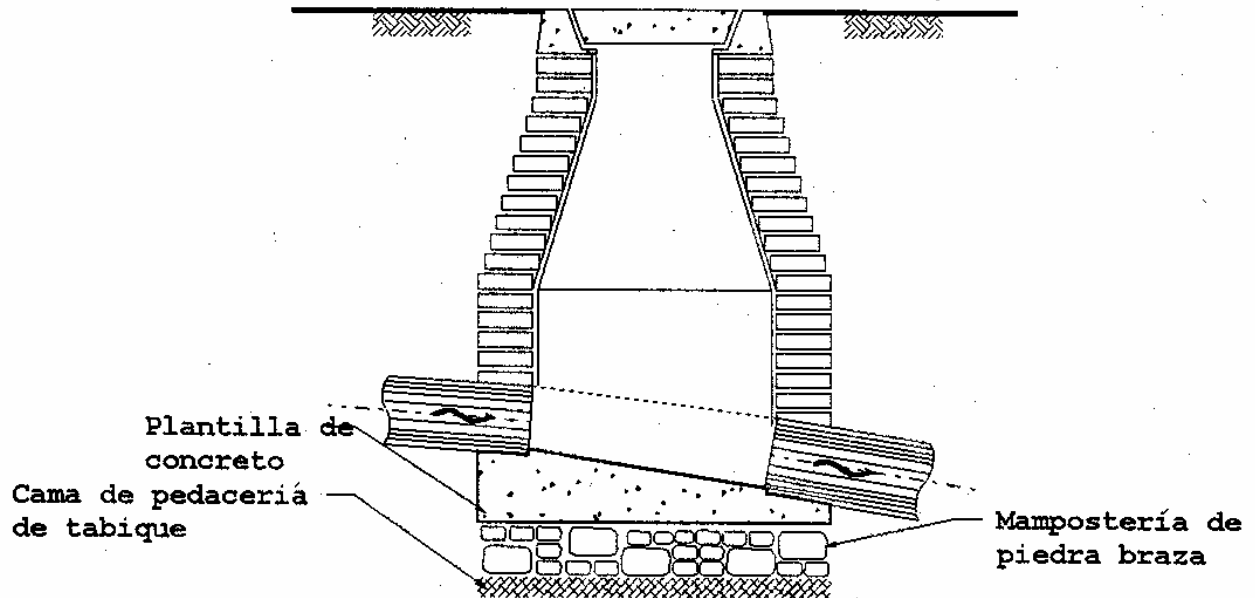


Figura 4.20. Conexión clave con clave

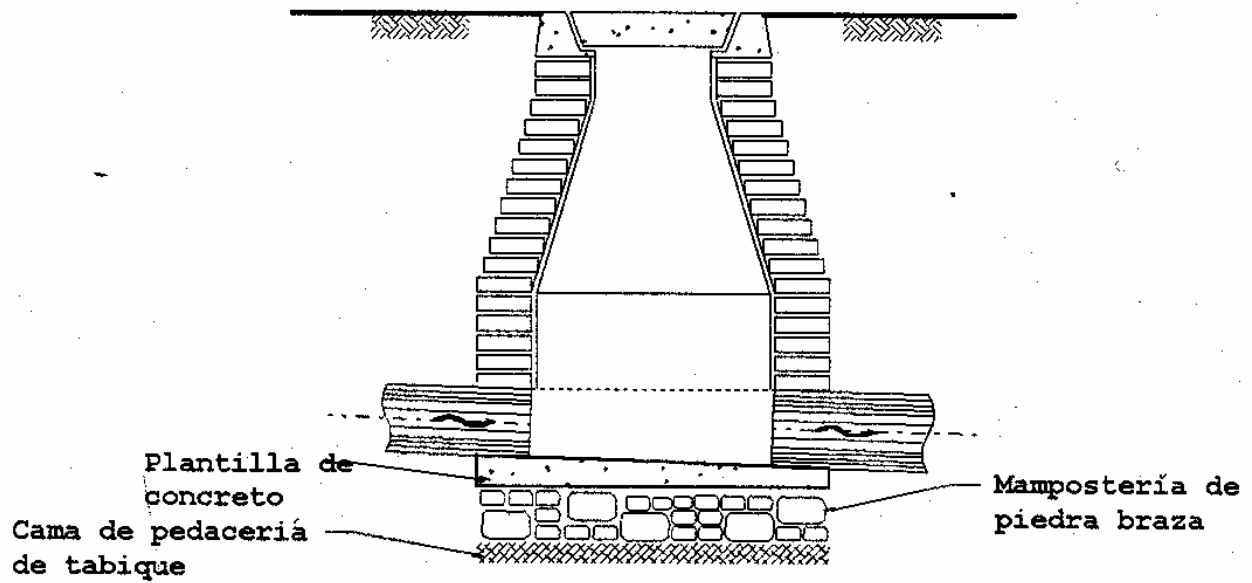


Figura 4.21. Conexión plantilla con plantilla

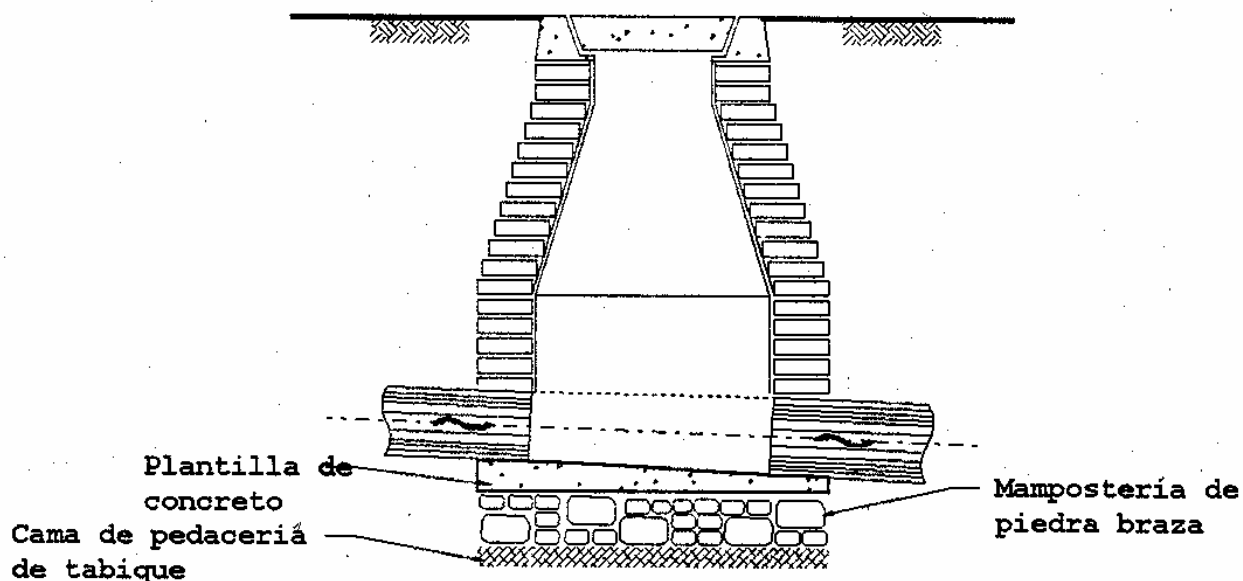


Figura 4.22. Conexión eje con eje

- Además, para facilitar los trabajos de inspección y mantenimiento se han establecido separaciones máximas entre los pozos de visita.
- Para el caso específico del Distrito Federal, según el Reglamento de Construcciones, se establecen las separaciones según el diámetro de la tubería. La tabla 4.5 indica las separaciones entre pozos de visita.

Tabla 4.5. Separación entre pozos de visita

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

- Desde el punto de vista hidráulico es conveniente que en las conexiones se igualen los **niveles de las claves** de los conductos por unir.
- Asimismo, se recomienda que las conexiones a ejes y plantillas se utilice únicamente cuando sea indispensable y con las limitaciones que, para los diámetros más usuales, se indican en la tabla 4.6.

Tabla 4.6. Conexiones de tuberías

D/D	20	25	30	38	45	61	76	91	107	122	152	183	213	244
20	P	PE C	PE C	EC	EC	C	C	C	C	C	C	C	C	C
25		P	PE C	PE C	EC	EC	C	C	C	C	C	C	C	C
30			P	PE C	PE C	EC	EC	C	C	C	C	C	C	C
38				P	PE C	PE C	EC	EC	C	C	C	C	C	C
45					P	PE C	PE C	EC	EC	C	C	C	C	C
61						P	PE C	PE C	EC	EC	C	C	C	C
76							P	PE C	PE C	EC	EC	C	C	C
91								P	PE C	PE C	EC	EC	C	C
107									P	PE C	PE C	EC	EC	C
112										P	PE C	PE C	EC	EC
152											P	PE C	PE C	EC
183												P	PE C	PE C
213													P	PE C
244														P

**Nota: D = Diámetro de la tubería; P = Conexión a plantillas; E = Conexión a ejes;
C = Conexión a claves**