

Figura 4.3.-42: Métodos de construcción para modificar el diámetro

- a) con buzón de inspección, para diámetros menores;
- b) con conexión directa, para diámetros mayores

Los cambios de dirección del flujo se efectúan mediante los buzones de inspección (Figura 4.3.-43 a) o a través de buzones intermedios (Figura 4.3.-43 b, c). Para diámetros mayores ($B = 1000$ mm), deberá instalarse una estructura curva especial. En tuberías pequeñas, bastará con un radio de curvatura de $1,5 B$ ($B =$ ancho interno de la alcantarilla). En el caso de tuberías mayores, el radio de curvatura deberá ser de 3 a $3,5 B$ o más.

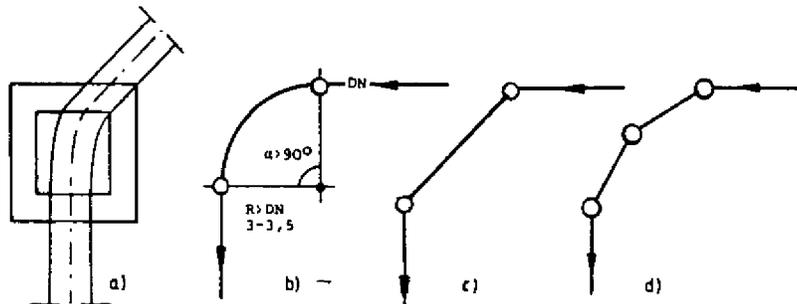


Figura 4.3.-43: Cambios de dirección del flujo

- a) dentro de un pozo o buzón de inspección
- b) a través de pozos intermedios
- c, d) en diferentes pozos con cambios de dirección.

Deberán erigirse estructuras de caída cuando el terreno tenga un gradiente pronunciado, a fin de evitar que se sobrepase el límite de velocidad de flujo permitido para el material de las tuberías. Podrán utilizarse diversos tipos de estructuras, según la altura de la caída y el flujo de agua residual (véase Figura 4.4.-14).

Condiciones estáticas.

Las condiciones estáticas pueden afectar el perfil del alineamiento. La profundidad deberá determinarse de modo tal, que garantice que las fuerzas perpendiculares actuantes sobre las tuberías - tales como relleno, tránsito, etc. - sean las menores posibles.

La resistencia de la tubería normalmente corresponde a un relleno de 0,80 m como mínimo.

Perfiles longitudinales de las tuberías.

Los perfiles longitudinales se desarrollan para todas las tuberías. A partir de ellos podrá conocerse la profundidad, el gradiente y las diferentes condiciones del subsuelo.

El perfil longitudinal deberá proyectarse tomando en cuenta todas las variantes posibles; la economía del sistema de alcantarillado con respecto al gasto de capital, costos de operación, efecto de la construcción de la alcantarilla sobre los edificios existentes, etc. Las soluciones económicas serán aquéllas que consideren tuberías poco profundas y un trayecto corto para los colectores principales que llegan hasta la planta de tratamiento.

4.3.6.4 Representación gráfica

Para la preparación de planos y dibujos se deberán considerar las normas establecidas.

A partir de los siguientes ejemplos, se puede observar la representación gráfica del plano:

Cuadro 4.3.-15: ATV - Clave para los símbolos del diagrama de las alcantarillas públicas

Figura 4.3.-44: Plano establecido para cálculos hidráulicos, de acuerdo a la norma DIN 2425 -

Figura 4.3.-45: Detalle de un plano en línea continua, de acuerdo a la norma DIN 2425

Figura 4.3.-46: Detalle de un plano para sistema de alcantarillado separado, DIN 2425

Figura 4.3.-47: Sección longitudinal, DIN 2425

CUADRO 4.3.-15
ATV - CLAVE PARA LOS SIMBOLOS DE LOS PLANOS DE ALCANTARILLAS PUBLICAS

	Conexión de drenaje (triángulo relleno)	
	Ramal sin conexión de drenaje (triángulo abierto)	
	Sumidero de agua pluvial - drenaje de calles (triángulo relleno)	Dibujar los triángulos en dirección al flujo
	Ramal para drenaje de calles (triángulo abierto)	
	Sumidero de agua pluvial en los cantos de las aceras	
	Sumidero de agua pluvial en los cantos de las aceras (en "tres" partes)	
	Buzón de inspección a las alcantarillas de agua pluvial (de ladrillos)	
	Buzón de inspección a las alcantarillas de agua pluvial (partes de concreto prefabricado)	
	Buzón de inspección a las alcantarillas de aguas residuales (de ladrillos)	
	Buzón de inspección a las alcantarillas de aguas residuales (partes de concreto prefabricado)	
	Buzón de inspección a las alcantarillas de agua pluvial (con caída)	
	Buzón de inspección a las alcantarillas de aguas residuales (con caída)	
	Buzón de inspección a las alcantarillas de aguas residuales (con cámara de caída)	
	Buzón de inspección a las alcantarillas de aguas residuales (con cámara simple y cámara de caída)	
	Buzón de inspección a las alcantarillas de aguas residuales (con dos cámaras simples)	
	Buzón de inspección a las alcantarillas de aguas residuales con entrada lateral (distancia medida desde el centro de la alcantarilla hasta el centro de la cubierta del buzón de inspección)	

-  Salida (de ladrillos)
-  Empalmes de tuberías
-  Alcantarilla pluvial (proyectada)
-  Alcantarilla pluvial (existente)
-  Alcantarilla combinada para aguas residuales (proyectada)
-  Alcantarilla combinada para aguas residuales (existente)
-  Tubería principal a presión (existente)
-  Tubería principal a presión (proyectada)
-  Alcantarilla que debe cerrarse y llenarse

•' Perforación con barreno, calibrada

•" Perforación con barreno, calibrada, realizada a modo de pozo de inspección de agua subterránea

DESIGNACION DE LOS DATOS REFERENTES A LA ALTURA

- + Altura de cubierta (para buzones de inspección a las alcantarillas combinadas y de aguas pluviales)
- + Altura del fondo (para alcantarillas de aguas residuales)
- + Altura del fondo (para alcantarillas combinadas)
- + Altura del fondo (para alcantarillas pluviales)
- + Altura del fondo (para tuberías principales a presión)
- + Altura de la calle
- + Altura del terreno

DESIGNACION DE LOS PUNTOS Y DE LAS CIFRAS DE MEDICION

- V. P. (S. S.) (punto de medición, disco).
- E. R. (I. P.) (tubería de hierro)
- D. y Lpf. (D. y H.) (drenaje y polo hueco)

- ⊠ Hito
- └┘ Angulo recto (90°)
- └┘ Angulo recto con diagonal
- Prolongación (de un edificio, línea de referencia, etc.)
- Línea de referencia
- ⊠ Punto inicial de la línea de referencia
- ▬ Medición de comprobación lineal, subrayar una vez
(para líneas y prolongaciones)
- ▬ Medición final, subrayar dos veces
(punto final de la línea de referencia)
- - - Mediciones de desplazamiento (mediciones entre dos puntos)

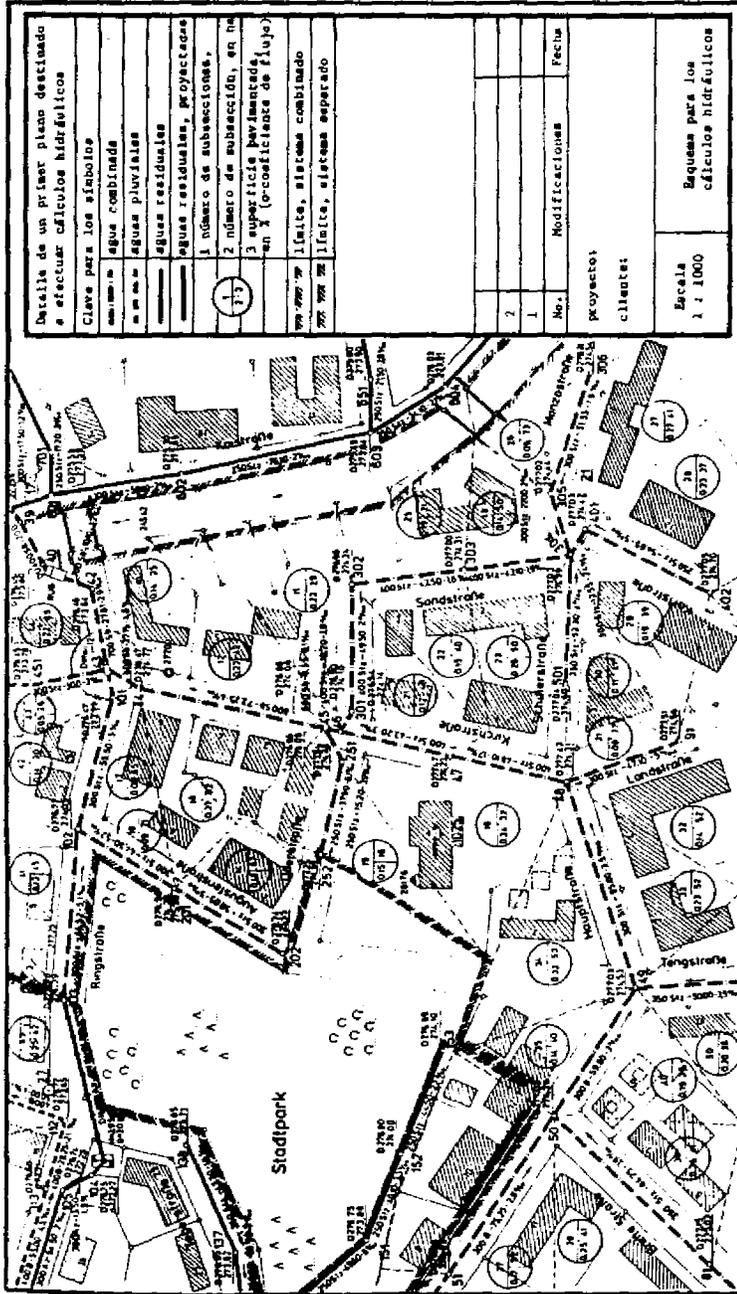


Figura 4.3.-44: Plano establecido para cálculos hidráulicos de acuerdo a DIN 2425

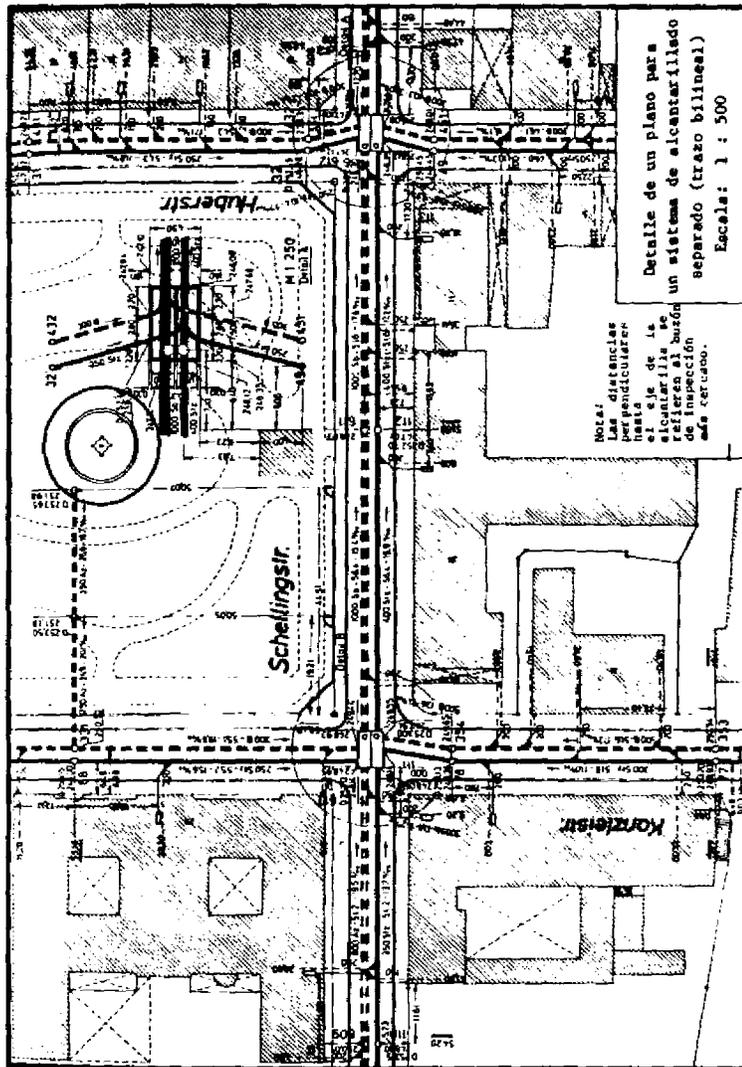


Figura 4.3.-46: Detalle de un plano para un sistema de alcantarillado separado, DIN 2425

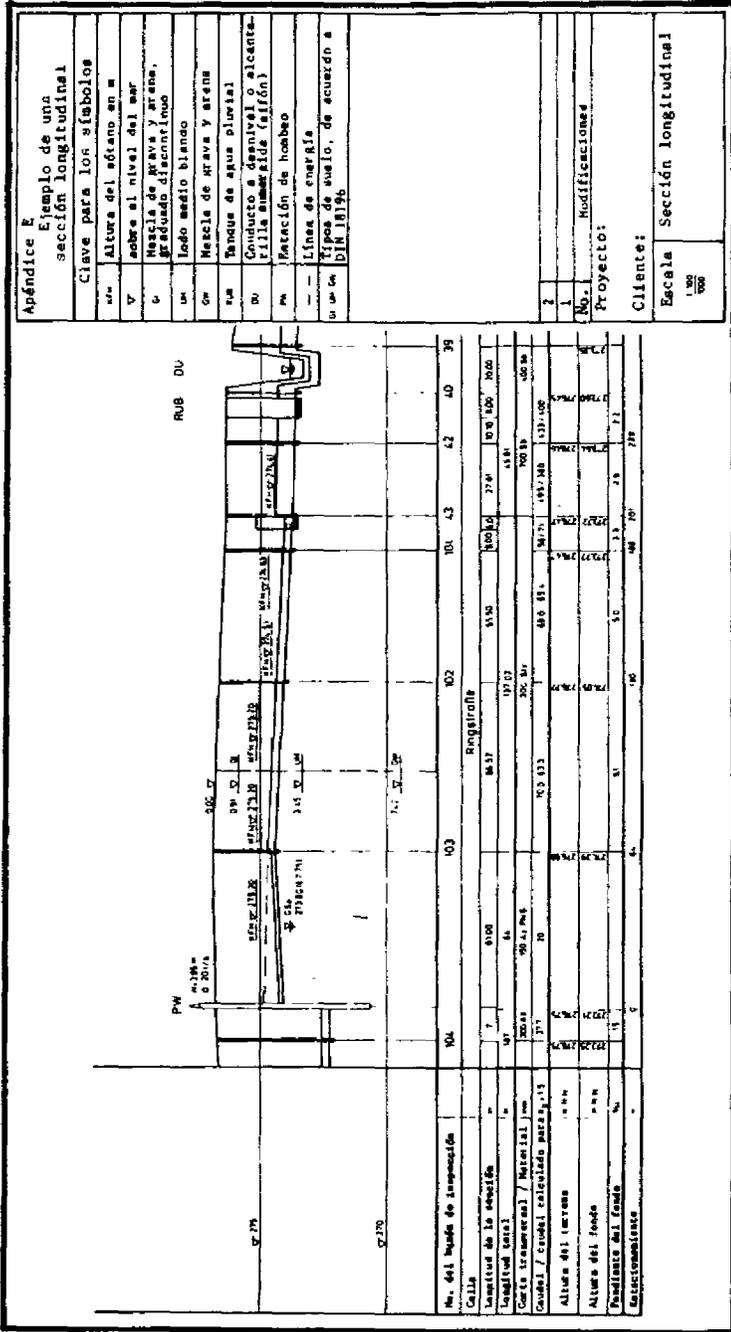


Figura 4.3.-47: Sección longitudinal, DIN 2425

4.4 COMPONENTES DE CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Todo el sistema de alcantarillado consiste principalmente en:

- una red de conductos (abiertos y cerrados) y
- estructuras tales como: estructuras de toma, pozos de caída, intersecciones de alcantarillas, empalmes, estructuras de rebose de agua pluvial, tanques de retención de agua pluvial, estaciones de bombeo.

Todas estas tuberías y estructuras se fabrican con materiales que deben cumplir ciertas especificaciones químicas, mecánicas y estáticas. Dichas condiciones se determinan en base a la calidad de las aguas residuales, el flujo hidráulico, el tipo de suelo y los costos.

La calidad del agua residual es el factor más importante al momento de seleccionar los materiales de construcción de tuberías y estructuras. Este factor se determina a partir de los tipos de agua residual. El agua residual doméstica contiene varias sales inorgánicas (sulfatos) y sales orgánicas (lactatos, acetatos), grasa de origen animal y vegetal, etc. El agua residual fresca normalmente no llega a dañar el concreto.

La agresividad química se clasifica de acuerdo a la concentración del ión hidrógeno o valor de pH, en la forma siguiente:

pH de	0 a	4	= fuertemente ácido
pH de	4 a	< 7	= ligeramente ácido
pH de	7		= neutro
pH de	> 7 a	10	= ligeramente alcalino
pH de	10 a	14	= fuertemente alcalino

Las grasas forman una película aceitosa, jabonosa o viscosa en la alcantarilla; ésta está saturada con microorganismos, similar a la película biológica de los lechos percoladores. Esta película se forma sobre el concreto. Por debajo de dicha película, el pH es más bajo y por lo tanto hay mayor tendencia a dañar el concreto.

El agua pluvial puede ser más o menos agresiva, dependiendo del lugar donde cae y se recolecta la precipitación. El agua subterránea también puede ser agresiva debido al CO₂, sulfatos y otras sales que contiene. Lo mismo ocurre con el agua del mar, el agua pantanosa o el agua infiltrada de los rellenos sanitarios.

Las condiciones hidráulicas, tales como el flujo por gravedad o presión, flujo intermitente o continuo, y la magnitud y fluctuaciones de la velocidad pueden determinar las características de las alcantarillas y otras estructuras.

El tipo de suelo influye en la selección de los materiales de construcción en lo referente a resistencia, corrosión y estabilidad.

Los costos también inciden en la selección de los métodos de construcción. En resumen, los materiales deben cumplir con las siguientes condiciones:

- adecuada resistencia mecánica a las cargas externas permanentes y variables;
- hermetismo, para evitar fugas de agua residual hacia los suelos y que el agua subterránea se infiltre en las alcantarillas, casos que pueden presentarse cuando las alcantarillas han sido instaladas debajo del nivel freático;
- resistencia a aguas residuales y subterráneas agresivas;
- resistencia a cambios de temperatura;
- resistencia a la abrasión de materiales sólidos acarreados por las aguas residuales (arena, desechos, etc.);
- paredes interiores lisas, para que el flujo no produzca pérdidas adicionales por fricción hidráulica, salvo aquellas previstas en el diseño;
- los materiales deben permitir la construcción rápida y moderna del sistema de alcantarillado.

Los siguientes materiales responden a las condiciones mencionadas anteriormente:

- Para aguas residuales domésticas en tuberías por gravedad: concreto, cerámica, concreto armado, ladrillo, hierro fundido o plástico. Las tuberías de cerámica son de buena calidad pero demasiado costosas.
- Para aguas residuales ligeramente alcalinas ($\text{pH} = 7 - 10$): tuberías de cerámica, concreto y asbesto cemento.
- Para aguas residuales fuertemente alcalinas ($\text{pH} > 10$): cerámica resistente al ácido o ladrillos con mortero especial.
- Para aguas residuales domésticas en tuberías a presión: concreto armado, asbesto cemento, hierro fundido, acero y plástico.
- Para aguas residuales agresivas en tuberías a presión: tuberías de cerámica, plástico o de acero revestido.

Las tuberías y estructuras pueden construirse con partes prefabricadas o in situ. Por lo general, los tramos de tuberías se unen a partir de tuberías separadas prefabricadas, pero en el caso de secciones transversales grandes, es más fácil construirlos in situ.

4.4.1 Conductos

Para la remoción de aguas residuales se construyen:

- conductos abiertos y
- conductos cerrados, en forma de tuberías a presión o gravedad.

4.4.1.1 Canales abiertos

Los canales abiertos normalmente se construyen para agua pluvial o aguas residuales clarificadas (es decir, aquellas tratadas en una planta de aguas residuales). Según sea su tamaño, los canales abiertos se conocen como canaletas o cunetas, acequias o canales normales.

Las canaletas se construyen para recolectar el agua pluvial que proviene de las superficies pavimentadas. En las calles, las canaletas deberán contruirse en dirección paralela al tránsito. El agua no deberá sobrepasar una profundidad de 0,10 - 0,12 m, y un ancho superficial de 1,00 m.

Las acequias son pequeños canales que cuentan con escaso o ningún tipo de revestimiento. Sirven para recolectar el agua pluvial proveniente de las vías rurales o caminos no pavimentados. En terreno plano, estas acequias se construyen con un gradiente de por lo menos 2^o/oo. Los lados y el fondo se protegen con césped, paredes de piedra con o sin mortero, concreto o concreto armado, dependiendo de la importancia de la vía o camino.

Los canales normales son conductos abiertos que transportan grandes volúmenes de agua residual. El ancho del fondo es de por lo menos 0,4 a 0,6 m y la profundidad fluctúa entre 0,6 - 1,50 m. El gradiente debe ser mayor de 0,5^o/oo, en el caso de un flujo considerable (mayor de 1 m³/s), de 1^o/oo para un flujo intermedio y de 2 - 3^o/oo para canales pequeños. El revestimiento de los lados y el fondo dependerá de la agresividad del agua residual, el tipo de suelo y la velocidad del flujo.

4.4.1.2 Conductos cerrados

Los conductos cerrados se construyen con diversas formas de sección transversal y de diferentes materiales. La selección dependerá de la calidad del agua residual, las condiciones hidráulicas, las condiciones existentes respecto al desarrollo de construcciones y los costos.

Por lo general, los conductos se clasifican de acuerdo al material del cual fueron fabricados.

4.4.1.2.1 Tuberías de concreto y concreto armado

En la actualidad, las tuberías de concreto y concreto armado son las que se utilizan mayormente en los sistemas de alcantarillado, puesto que son fáciles de fabricar y resultan más económicas comparadas con otros tipos de tuberías.

Las tuberías de concreto y concreto armado se construyen con partes prefabricadas o in situ. En la Figura 4.4.-1 aparecen formas estándar de sección transversal con perfil cerrado (LAUTRICH /91/). Por lo general, se utilizan tres formas diferentes: circular, ovalada y en forma de herradura, con o sin cuneta.

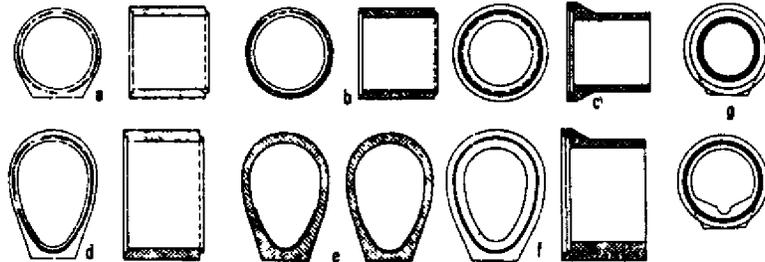


Figura 4.4.-1: Tuberías de concreto /91/

- a, d - tuberías de concreto con base y muesca e - tubería de cemento con placas de revestimiento de arcilla vitrificada
- b - tuberías de cemento sin base
- c, f - tubería de espiga (campana sin base)
- g - tubería de cerámica y/o concreto

Las placas de revestimiento de arcilla vitrificada pueden instalarse sobre tuberías estándar (véase la Figura 4.4.-1 e) o encajarse en las mismas (Figura 4.4.-1 g).

Las secciones de forma circular son las que se utilizan más comúnmente. Con las construcciones axialmente simétricas se pueden producir grandes cantidades de tuberías con maquinaria simple, para garantizar así la calidad de dichas tuberías. En el caso de tuberías principales a presión, sólo se utilizan secciones circulares.

Hasta hace algunos años, las alcantarillas en forma ovalada se utilizaban mayormente para sistemas combinados. La sección estrecha de flujo crea condiciones hidráulicas que favorecen el transporte de flujo en estiaje, mientras que se dispone de una sección superior mucho más ancha para el flujo de agua pluvial.

La forma de herradura se utiliza en el caso de grandes tuberías y cuando se desea desviar cursos de agua o flujos relativamente considerables hacia el subsuelo. En los sistemas de alcantarillado combinado, donde existe gran diferencia entre el flujo en estiaje y el flujo en época de lluvias, se puede construir un canal o cuneta en el fondo de la tubería para facilitar el flujo en estiaje. Con ello, además, se dejará la superficie libre para que puedan transitar los obreros encargados del mantenimiento del alcantarillado.

Para evitar obstrucciones y facilitar la limpieza se recomiendan los siguientes diámetros mínimos para:

- Alcantarillas de agua residual, 250 mm de diámetro nominal (DN)
- Alcantarillas combinadas y de agua pluvial, 300 mm de DN

Las tuberías de concreto se fabrican empleando diversas técnicas de producción, tales como vibración, presión, etc.

Las juntas para tuberías se fabrican con muesca o espiga campana y se sellan con mortero de cemento o anillos de goma.

En la Figura 4.4.-2 se muestran ejemplos de juntas para tuberías.

Las tuberías de concreto armado pueden fabricarse mediante varios procesos. Se fabrican con juntas de tipo espiga campana hasta aproximadamente 1600 mm de DN y para diámetros mayores se fabrican con juntas de tipo muesca.

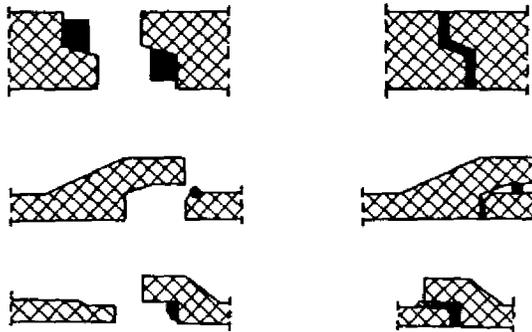


Figura 4.4.-2: Juntas para tuberías con anillos de goma

En los sistemas de alcantarillado, se utilizan los siguientes tipos de tuberías:

- tubería de concreto moldeado centrífugamente (el concreto, debido a la fuerza centrífuga es lanzado sobre la superficie del molde, formando capas delgadas),
- tubería pretensada (el refuerzo metálico se instala en dos capas paralelas, para que la parte externa y la interna posean sólo una delgada capa de concreto),
- tubería de concreto al vacío (el concreto recién vibrado que se encuentra en el encofrado es expuesto al vacío para remover el exceso de agua).

4.4.1.2.2 Tuberías de arcilla vitrificada

Las tuberías de arcilla vitrificada (Figura 4.4.-3) se fabrican con arcilla y aditivos, se hornean a una temperatura de 1150°C y luego se esmaltan. La resistencia a la corrosión química no proviene del esmaltado sino de la arcilla misma. El esmaltado reduce la rugosidad y mejora las condiciones de flujo.

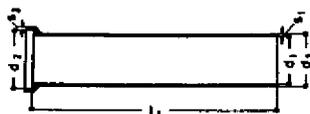


Figura 4.4.-3: Tubería de arcilla vitrificada, DIN 1230

Las placas de revestimiento de arcilla vitrificada (Figura 4.4.-1 b) también pueden instalarse o encajarse en las tuberías de concreto. Este tipo de revestimiento parcial se utiliza en los sistemas de alcantarillado separado industrial, cuando el agua residual es muy agresiva durante el flujo de estiaje, pero es casi neutral al concreto cuando las tuberías tienen flujo pleno o parcial muy elevado.

4.4.1.2.3 Alcantarillas de concreto in situ o construcciones especiales

En casos especiales, o para perfiles muy amplios, resulta más económico emplear una tubería de concreto construida in situ en vez de tuberías prefabricadas. Las juntas deberán ser las adecuadas, de acuerdo al diámetro, armazón y la sección transversal de concreto, evitándose las grietas por contracciones. Estas juntas deberán colocarse respetando los siguientes intervalos:

- para concreto no armado: 10 m,
- para concreto armado: 30 m.

Además, es importante evitar que el concreto se endurezca rápidamente debido a la acción del viento o del sol. Esto podrá evitarse cubriéndolo con esteras o tierra, humedeciéndolo o esparciéndole una película bituminosa.

En la Figura 4.4.-4 se presentan varios perfiles especiales (LAUTRICH /91/). Estas alcantarillas pueden fabricarse empleando técnicas convencionales o especiales (método al vacío, moldes de goma).

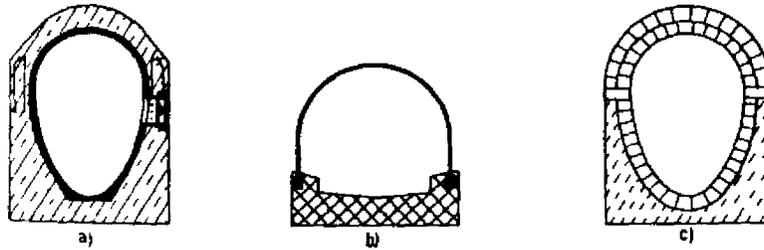


Figura 4.4.-4: Diversos perfiles especiales /91/

- a) tubería de arcilla vitrificada con cubierta de concreto;
- b) base de concreto con bóveda prefabricada;
- c) alcantarilla de ladrillos con cimiento de concreto.

4.4.1.2.4 Tuberías de asbesto cemento

Las tuberías de asbesto cemento han sido utilizadas durante muchos años como tuberías de presión. Recientemente, también se están utilizando como tuberías para alcantarillas. Cuando son instaladas en el agua subterránea por ejemplo, se requiere que los tubos como los diferentes elementos y las conexiones estén totalmente herméticos, por lo que son complementados con pozos prefabricados de asbesto cemento. Así mismo, aún en el caso de los canales de embalse por ejemplo, los tubos de 5 m de largo permiten gradientes leves debido al procesamiento del tubo y al material resistente de la fibra de asbesto.

Las juntas pueden fabricarse con espiga campana y anillos de goma (Figura 4.4.-5).

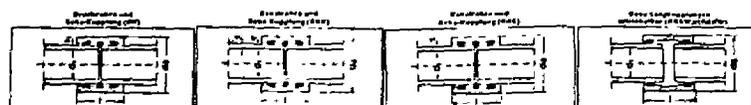


Figura 4.4.-5: Juntas para tuberías de asbesto, tipo REKA

- | | |
|--------------------|------------------------------|
| 1. Anillo sellador | 4. Pernos |
| 2. Espiga campana | 5. Brida |
| 3. Cable de acero | 6. Campana de hierro fundido |

4.4.1.2.5 Tuberías de plástico y tuberías con revestimiento plástico

Las tuberías de plástico y las de concreto con revestimiento plástico, se utilizan en los sistemas de alcantarillado, especialmente para aguas residuales industriales. Los tipos de plástico utilizados para este propósito son:

- Cloruro de polivinilo rígido (PVC rígido),
- Polietileno rígido (PE rígido),
- Polipropileno (PP),
- Plásticos reforzados con vidrio (GRP) y otros.

El PVC rígido se utiliza para alcantarillas pluviales, conexiones domiciliarias y también para alcantarillas de aguas residuales. Es un material que no se inflama fácilmente y puede unirse con pegamento. Disminuye su resistencia al aumentar la temperatura y se resquebraja cuando ésta disminuye.

El PE rígido es particularmente resistente a la corrosión y a los cambios de temperatura en lo que respecta a las aguas residuales domésticas, y a los ácidos, álcalis y solventes orgánicos. Las tuberías de PE se unen mediante soldadura y juntas a presión; todos son métodos muy efectivos. Las piezas de unión pequeñas, como los casquetes para ramales de arcilla vitrificada, con frecuencia no están hechos de este material sino con polietileno. Este cambio ha sido posible gracias a nuevas formas prácticas, una fácil remoción y precios favorables.

El PP o polipropileno posee varias propiedades físicas y químicas similares a las del PE rígido, pero es más resistente a las temperaturas altas. No obstante, al igual que el PVC, el PP se resquebraja a sólo 0°C. Este tipo de tubería se debe soldar como las tuberías de PE rígido.

El GRP, o poliéster reforzado con fibra de vidrio, es un material compuesto de poliéster termofraguado reforzado con vidrio. Los materiales termofraguados, a diferencia de los materiales termoplásticos, no pueden ser remodelados. Sus propiedades son similares a las del concreto y, por lo tanto, deben reforzarse con fibra de vidrio para aumentar su resistencia a la tensión y la curvatura. Las tuberías de GRP se pueden unir con pegamento.

El revestimiento plástico y el de plástico mixto se utilizan para lograr resistencia a la abrasión por arena y a las aguas residuales agresivas en las alcantarillas de concreto y en los pozos de las bombas, o para reducir la fricción. Los revestimientos plásticos pueden aplicarse en forma líquida o como una película. También puede usarse como morteros plásticos para cubrir el concreto que ha sido dañado. No se contraen, suelen ser resistentes a los solventes y, en general, son más fuertes y resistentes a la presión que el concreto mismo.

4.4.1.2.6 Tuberías de hierro fundido

El hierro fundido es resistente a muchos tipos de residuos químicos y puede soportar cargas externas pesadas. Generalmente, las tuberías tienen un

revestimiento bituminoso que se adhiere a la superficie. Las tuberías de hierro fundido se utilizan para redes de alcantarillado sujetas a cargas extremas, al igual que para drenar terrenos normales o agresivos, para drenaje de suelos y techos, y para aquellas partes de los separadores de grasa, aceite y petróleo, susceptibles al ataque de sustancias químicas agresivas.

4.4.1.2.7 Tuberías de acero

Las tuberías de acero se utilizan en los sistemas de alcantarillado como tuberías centrales a presión y como tuberías sujetas a una tensión excepcional (es decir, cuando no es posible cubrir las tuberías con un relleno adecuado). Asimismo, son especialmente adecuadas para los conductos a desnivel (sifones) y para transportar las aguas residuales tratadas, hacia las desembocaduras en el mar.

4.4.2 Estructuras

Los sistemas de alcantarillado requieren de una variedad de estructuras para que su funcionamiento sea eficiente. Se deberán diseñar y construir con el cuidado necesario, observando las normas comunes de la ingeniería de las aguas residuales.

Las estructuras necesarias para el sistema de alcantarillado son:

- conexiones domiciliarias
- canales de caminos
- estructuras de entrada
- pozos de acceso o buzones de inspección
- pozos de caída o buzones con caídas
- intersecciones de alcantarillas
- empalmes
- rebose de aguas pluviales
- tanques de retención de aguas pluviales
- estaciones de bombeo.

4.4.2.1 Conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias son estructuras que transportan el agua residual doméstica y el agua pluvial, desde las viviendas hasta la alcantarilla principal.

Una conexión domiciliaria consiste en una caja de registro, una tubería de servicio y una conexión con la alcantarilla principal.

La caja de registro (dentro o fuera de los edificios) deberá ser hermética y garantizar un buen drenaje de todas las aguas residuales.

Las tuberías podrán ser de concreto o de plástico, con un diámetro no menos de $D = 150$ mm y un gradiente mayor de $1 : 50$ (de preferencia $1/15$ a $1/10$). La

conexión con la alcantarilla principal podrá hacerse directamente (Figura 4.4.-6) o a través de un buzón de inspección (especialmente, tratándose de suelos de loes, en el caso de alcantarillas profundas y alcantarillas instaladas en aguas subterráneas). La Figura 4.4.-6 muestra la construcción de una conexión domiciliaria con tuberías de plástico, utilizando el método de presión de espiga.

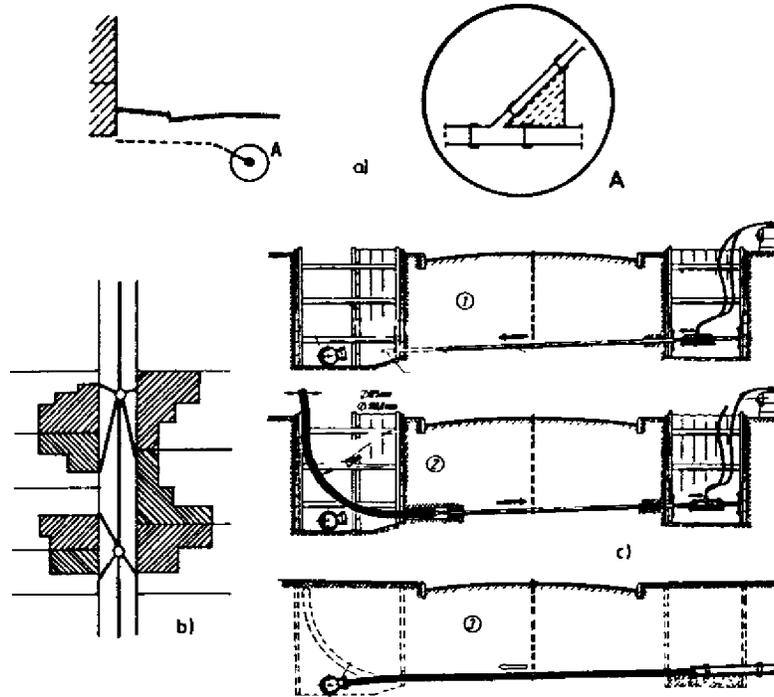


Figura 4.4.-6 Conexiones domiciliarias

- a) profundidad normal y cambio de gradiente, sin agua subterránea
- b) en suelo de loes
- c) construcción de una conexión domiciliaria, utilizando tuberías de plástico y el método de presión de espiga (ATV)

4.4.2.2 Cunetas

Las cunetas sirven para evacuar el agua superficial de las calzadas y aceras.

Estas cunetas sólo se construyen en vías asfaltadas. En el caso de nuevos conductos para alcantarillas, las cunetas sólo se instalarán cuando el edificio esté terminado y los caminos asfaltados. Consisten generalmente, en cajas circulares provistas de una cubierta de hierro fundido y conectadas a la

alcantarilla principal mediante una tubería de concreto con un DN de 150 mm; cuentan además con una cubeta para separar los sólidos.

En la Figura 4.4.-7 se presentan cunetas: a) sin un compartimiento y cubeta para lodos; b) con compartimiento para lodos; c) sección longitudinal y vista superior de la cuneta.

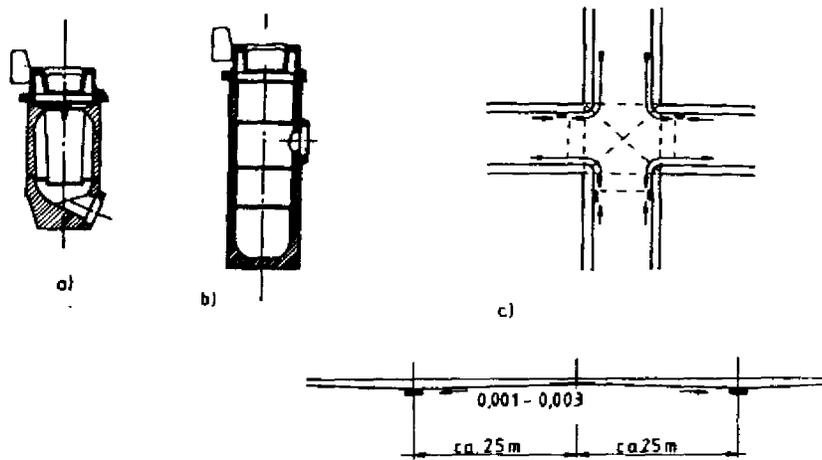


Figura 4.4.-7: Cunetas

- a) sin compartimiento para lodos, con cubeta;
- b) con compartimiento para lodos;
- c) sección longitudinal y vista superior de la cuneta.

Las cunetas podrán ser construidas en los caminos mismos o al lado de éstos.

En el caso de áreas de drenaje extensas, también se podrán construir cunetas con losas removibles de concreto y ranuradas (Figura 4.4.-8).

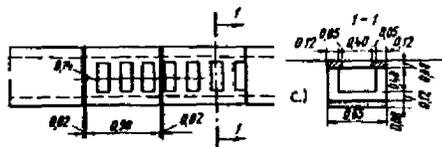


Figura 4.4.-8: Cunetas como canales, con losa de concreto como cubierta

4.4.2.3 Estructuras de entrada

Particularmente en los sistemas separados, suele suceder que las alcantarillas acaban desviando el agua pluvial o un curso de agua que hasta entonces fluía como canal abierto. La conexión entre una sección transversal abierta y un conducto cerrado constituye la estructura de entrada. La forma de la misma, está determinada principalmente por las condiciones de flujo en el canal abierto.

Si en un canal abierto la velocidad del flujo es alta, es probable que el agua arrastre grava o desechos, material que deberá ser retenido en una trampa de grava. Podrá prescindirse de ella sólo si la velocidad del canal abierto es baja. La trampa, que generalmente retiene la grava, sirve también como interceptor de lodos. Estos empiezan a descomponerse y a emanar olores desagradables apenas transcurrido un tiempo prudencial, por lo cual habrá que adoptar las medidas pertinentes.

En la Figura 4.4.-9 a) se muestra el ejemplo de una estructura de entrada para flujos menores, y en la Figura 4.4.-9 b), para flujos mayores.

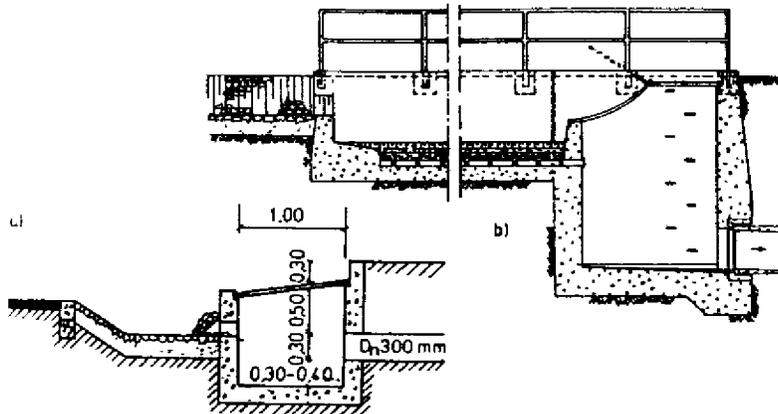


Figura 4.4.-9: Estructuras de entrada

a) para flujos menores;

b) para flujos mayores

Si se piensa desviar un curso de agua considerable y transportarlo a través de una alcantarilla cerrada de gran diámetro dentro del área de construcción, podrá obviarse la instalación de una trampa de grava y cribas, siempre que la alcantarilla sea lo bastante amplia como para permitir el ingreso cuando el flujo está a un nivel medio o bajo. También es posible que en ese caso se pueda ingresar a la alcantarilla con una máquina motorizada para efectuar la limpieza de la misma. Si se debe drenar un área relativamente extensa y es

probable que, durante una tormenta de gran intensidad, los árboles o arbustos del lugar hayan sido acarreados con la primera ola de crecida, se deberá proteger la estructura de entrada con una rejilla de trama gruesa. Al mismo tiempo, se deberá habilitar frente a la entrada una zona amplia de almacenamiento para así retener el volumen de agua que ingresa hasta que la rejilla haya sido despejada.

El tipo de estructura de entrada que aquí se describe, es el que se requiere principalmente para las alcantarillas pluviales. En casos excepcionales, si el agua superficial se encuentra tan contaminada que se hace necesario tratarla en la planta de tratamiento, la estructura de entrada no deberá contar con un interceptor de grava: en tales casos, la acumulación de lodos y el resultante olor desagradable, se podrán percibir en poco tiempo. Con la reja o criba, la situación sería diferente, ya que debido a los contaminantes acarreados sólo es probable que se requiera una rejilla mecánica para retener los sólidos. Bajo ninguna circunstancia, se deberá descuidar la protección de las alcantarillas contra las materias residuales gruesas.

4.4.2.4 Buzones de inspección

Los buzones de inspección deberán ubicarse a distancias regulares, en los tramos rectos, cuando exista un cambio de dirección, de tamaño o gradiente de la tubería, o cuando se produzca un empalme.

En el caso de alcantarillas muy pequeñas como para permitir el ingreso cuando la velocidad de descarga no genera un arrastre adecuado, la distancia entre los buzones de inspección en tramos rectos no deberá exceder los 50 - 70 m. En el caso de secciones que sí permiten el ingreso, las distancias no deberán superar los 70 - 100 m. Cuando existan descargas con gran arrastre, será preferible algunas veces fijar distancias de hasta 160 m.

Un buzón de inspección (Figura 4.4.-10) consiste en: una base, paredes, canaleta, cámara de trabajo, sección ahusada y cubierta. Estos buzones se pueden construir con ladrillos, concreto o partes prefabricadas.

La base puede ser rectangular o circular. Los buzones de inspección pueden poseer una base propia (como en la Figura 4.4.-10 a, b, c, d) o no (Figura 4.4.-10 e, f) o también pueden estar contruidos directamente sobre los colectores. El fondo del buzón de inspección se construye de concreto; las bases de concreto in situ no deberán tener un espesor de menos de 20 cm.

Para tuberías con un DN interno de 500, la parte más alta de la base del buzón deberá estar al nivel de la corona de la alcantarilla a ambos lados. Si el perfil es mayor, la altura del piso deberá ser dos veces Q_{tr} sobre el nivel del agua, y si fuera posible, 50 cm sobre la solera.

Si fuera posible, la cámara de trabajo deberá tener una altura de 2.0 m.

Si se utilizan anillos de concreto en la sección superior, la base de concreto o ladrillo deberá encontrarse por lo menos a 28 cm por encima de la corona superior de las alcantarillas.

Las escaleras de acero o de un material no corrosivo, se instalarán en la pared perpendicular (3 pasos/m).

Las estructuras curvas se construyen al igual que los buzones de inspección, pero al canal abierto se le dará la forma apropiada. El radio de curvatura deberá seleccionarse de tal forma que permita al canal funcionar sin ninguna dificultad. Los codos de 90° (Figura 4.4.-11) en un buzón de inspección sólo son recomendables en el caso de alcantarillas pequeñas. Para alcantarillas mayores, es mejor emplear un buzón de inspección intermedio (véase la Figura 4.3.-42 b), o dos buzones con un ángulo de 45° cada uno (véase la Figura 4.3.-42 c, d). En el caso de alcantarillas de gran dimensión (por ejemplo, con un radio $> 2,0 \text{ m}$), se podrá utilizar un ángulo directo.

Por lo general, los cambios de diámetro se realizan en los buzones de inspección. En el caso de alcantarillas de gran dimensión, el cambio de diámetro podrá efectuarse a través de una conexión directa (véase la Figura 4.3.-40).

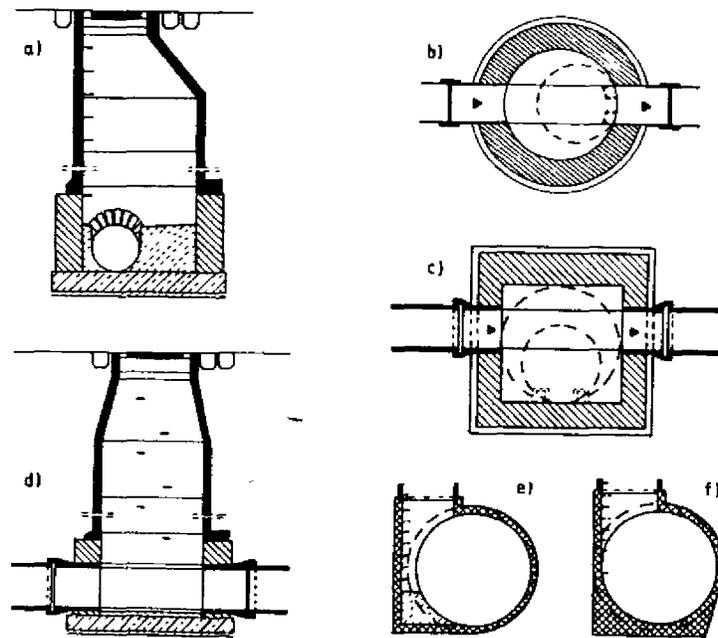


Figura 4.4.-10: Buzones de inspección

- | | |
|--------------------------------|--|
| a) Sección transversal | d) Conexión con los tubos |
| b) Circular, vista superior | e, f) Construido directamente en el colector |
| c) Rectangular, vista superior | |

4.4.2.5 Empalmes

El empalme de las alcantarillas pequeñas se realiza en los buzones de inspección (Figura 4.4.-12 a). En el caso de alcantarillas grandes, se emplean estructuras especiales (Figura 4.4.-12 b).

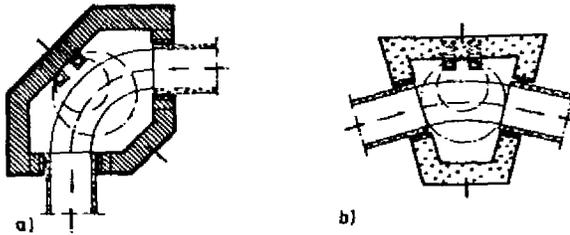


Figura 4.4.-11: Estructuras curvas

a) curva pronunciada

b) curva ligera

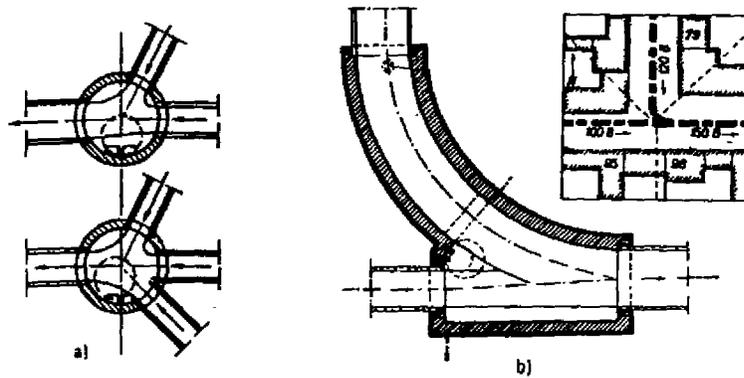


Figura 4.4.-12: Empalmes

a) para tuberías menores

b) para tuberías mayores

Algunas veces, estos empalmes son construcciones mayores (Figura 4.5.-13), SCHOKLITSCH /151/.

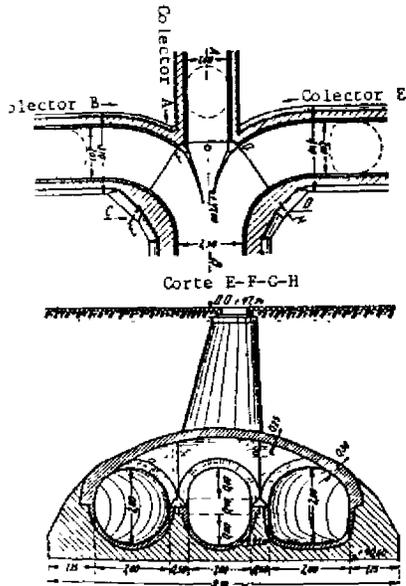


Figura 4.4.-13: Empalmes para alcantarillas de gran dimensión

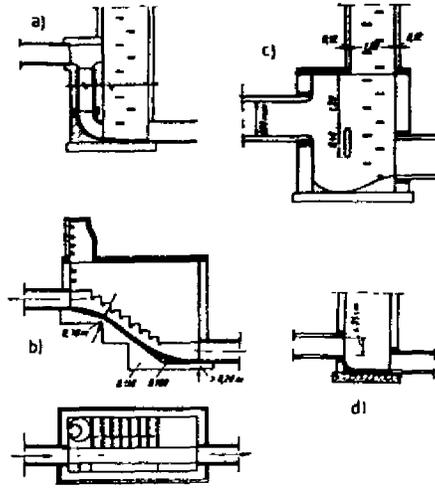


Figura 4.4.-14: Buzones con caída
a) con tubería vertical
b) con cascada y canal
c, d) caída directa

4.4.2.6 Buzón con caída

Los buzones con caída controlan la velocidad del flujo en las intersecciones y pueden también utilizarse para superar diferencias considerables de altura en distancias cortas (Figura 4.4.-14).

4.4.2.7 Dispositivos de descarga de agua para limpiar las tuberías

En las alcantarillas con flujo reducido o gradiente bajo, no podrá garantizarse la velocidad mínima recomendada para el estiaje, debiendo limpiarse las mismas, de vez en cuando, con chorros de agua. Para ello, se utilizarán diversos artefactos y métodos.

En la Figura 4.4.-15 se muestra un pozo de compuerta. La alcantarilla se encuentra cerrada por una compuerta, cuando el agua residual alcanza el nivel prescrito dentro del pozo, la compuerta se abre y el torrente de agua residual inunda y limpia la tubería.

La Figura 4.4.-16 muestra una tapa portátil para alcantarillas (LAUTRICH).

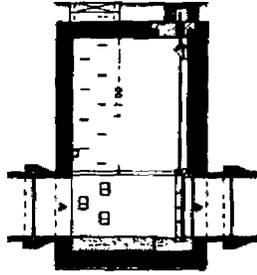


Figura 4.4.-15: Pozo de compuerta

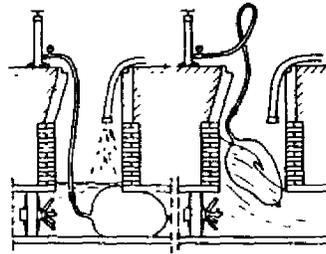


Figura 4.4.-16: Tapa portátil para alcantarillas (LAUTRICH)

En épocas recientes, se han creado tanques automáticos de descarga que, mediante un chorro de agua, limpian la alcantarilla a una presión de $(60 - 80) \cdot 10^5$ Pa.

4.4.2.8 Obras complementarias para agua pluvial

En los sistemas de alcantarillado combinado, no toda el agua pluvial es acarreada directamente hasta la planta de tratamiento. Dependiendo de las condiciones locales, una parte del agua se desviará hacia los tanques de agua pluvial para ser tratada durante el estiaje o podrá ser descargada parcialmente en el cuerpo receptor. Para recolectar la carga hidráulica repentina en época de lluvias, suele edificarse obras complementarias para agua pluvial. Las mismas incluyen:

- Rebose para agua pluvial
- Tanques de agua pluvial
- Reguladores.

4.4.2.8.1 Rebose para agua pluvial

Los reboses para agua pluvial son estructuras que separan el agua combinada en dos corrientes: la primera es transportada a la planta de tratamiento (Figura 4.4.-17) y la otra es llevada hasta el cuerpo receptor o un tanque de agua pluvial.

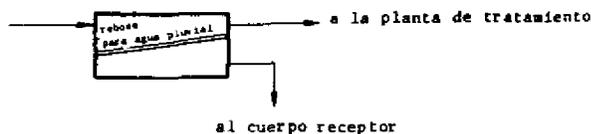


Figura 4.4.-17: Rebose para agua pluvial

Los reboses para agua pluvial se construyen y calculan de diversas maneras (véase la Figura 4.3.-32).

Cuando anteriormente se realizaban cálculos para construir los reboses de agua pluvial, solía asumirse que el agua pluvial podría ser descargada en el cuerpo receptor como si fuese agua residual combinada, con una dilución de 1 : 5. En la actualidad, una solución tal, sólo podría considerarse en el caso de descargas muy pequeñas. Las normas alemanas recomiendan que, como promedio anual, se transporte hasta la planta de tratamiento el 90% de las sustancias sedimentables y biodegradables existentes en las descargas de agua pluvial, incluyéndose el tratamiento biológico. Esta exigencia implica asimismo que el agua pluvial en el sistema separado reciba un tratamiento similar.

4.4.2.8.2 Tanques de agua pluvial

Los tanques de agua pluvial son estructuras que sirven para retener el agua que supera la capacidad de descarga de las alcantarillas próximas. El agua que rebosa del tanque se descarga en el cuerpo receptor. Cuando cesa de llover, el agua del tanque se deriva hasta la planta de tratamiento. Estas estructuras sólo se construyen en los sistemas combinados.

Cuando se tratan de precipitaciones cortas pero abundantes, cuyo caudal sea menor que la capacidad de retención del tanque, no llega a haber rebose. Durante precipitaciones torrenciales, se deberá retener cuando menos el flujo inicial contaminado, producido por la descarga de las alcantarillas, y después de un tiempo, desviarlo hacia la planta de tratamiento, descargando únicamente los flujos máximos en el cuerpo receptor.

Los tanques de agua pluvial podrán instalarse conectados en serie (Figura 4.4-18 a) o en línea paralela (Figura 4.4-18 b). La conexión en línea paralela se emplea mayormente cuando es necesario el bombeo para vaciar el tanque y transportar el agua residual hasta la planta de tratamiento. Esto permitirá que la mayor parte de la descarga fluya por gravedad.

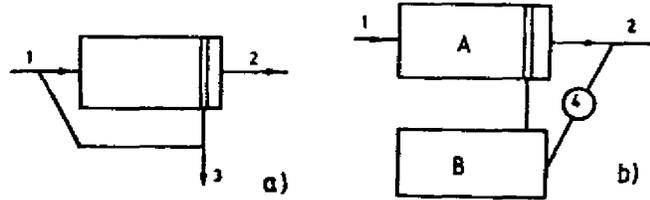


Figura 4.4.-18: Tanques de agua pluvial

- | | |
|------------------------------|-----------------------------------|
| a) depósito de recolección | 2. Hacia la planta de tratamiento |
| b) depósito de flujo directo | 3. Hacia el cuerpo receptor |
| 1. Rebose del tanque | 4. Tanque de agua pluvial |

4.4.2.8.3 Reguladores

Los reguladores son depósitos de recolección que se utilizan tanto en los sistemas combinados como en los separados. En ellos se almacena el agua residual para luego descargarla lentamente en la alcantarilla, en una estación de bombeo o en la planta de tratamiento lentamente. Mediante esta reducción del flujo hacia las estaciones de bombeo, se aliviará la carga de las alcantarillas y las plantas de tratamiento, o se podrán reducir sus dimensiones. Normalmente, los reguladores sólo poseen una salida al sistema de alcantarillado, pero pueden tener un rebose adicional para emergencias.

Los reguladores pueden ser construidos como tanques independientes o como secciones de reserva en las alcantarillas (Figura 4.4.-19).

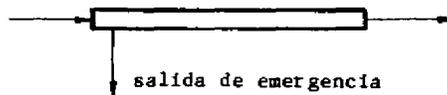


Figura 4.4.-19: Regulador construido como sección de reserva en la alcantarilla

Se pueden utilizar tanques abiertos para el agua pluvial. Sin embargo, en el caso de aguas residuales combinadas, se deberán emplear tanques cubiertos o secciones de reserva en las alcantarillas.

Cualquiera sea el caso, los reguladores deberán determinarse en base a un análisis de beneficio/costo que contemple todas las variables posibles como podrían ser: un regulador grande y una planta de tratamiento o una estación de bombeo pequeñas, o un regulador grande y tuberías pequeñas aguas abajo del regulador. Asimismo, la instalación de los reguladores incidirá directa o indirectamente en los costos del sistema de alcantarillado. Son económicos y resultan recomendables por razones técnicas en los siguientes casos:

- Para cumplir con los requisitos públicos de descarga en el cuerpo receptor,
- Para reducir la inversión de capital y costos de operación de las estaciones de bombeo, cuando el agua pluvial no siempre puede descargarse por gravedad debido al nivel del cuerpo receptor o del agua residual en las alcantarillas,
- Como empalme entre las secciones nuevas y antiguas de las alcantarillas, con dimensiones inadecuadas para la descarga de grandes volúmenes de agua residual en la época de lluvias,
- Como empalme entre canales abiertos y cerrados.

La Figura 4.4.-20 muestra algunos tipos de reguladores.

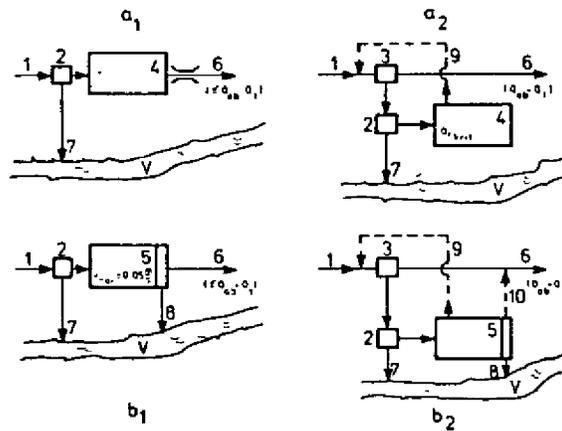


Figura 4.4.-20: Reguladores

- | | | | |
|----------------|--|----------------|---|
| a ₁ | Regulador conectado en serie | a ₂ | Regulador conectado en paralelo |
| b ₁ | Depósito de flujo directo conectado en serie | b ₂ | Depósito de flujo directo conectado en paralelo |
-
- | | | | |
|----|--|-------------------|--|
| 1. | Entrada de agua | 8. | Q _{KÜ} - salida del rebose del agua tratada |
| 2. | Rebose del tanque | 9. | Contraflujo bombeado |
| 3. | Estructura de separación | 10. | KÜ - rebose del agua tratada |
| 4. | Regulador | V - | Curso receptor |
| 5. | Depósito de flujo directo | Q _{ab} - | volumen de flujo |
| 6. | Salida de agua | Q _t - | volumen de agua en el estiaje |
| 7. | Q _{BÜ} - salida del rebose del tanque | | |

4.4.2.9 Estaciones de bombeo

Las estaciones de bombeo deberán seguir siendo la excepción y no la regla en los sistemas de alcantarillado, dado que dificultan la operación y la vuelven más costosa. Sin embargo, son necesarias para cubrir los tramos cuesta arriba, o asistir al flujo en terrenos planos. La necesidad de contar con una estación de bombeo, al igual que su tamaño y ubicación, deberán determinarse en base a las condiciones generales técnicas y económicas. Habrá que recordar que los contaminantes sólidos también deben ser bombeados conjuntamente con el agua residual.

Las partes más importantes de una estación de bombeo son:

- la cámara de depósito para la entrada de las aguas (pozo húmedo),
- la casa de máquinas en la cual están instaladas las bombas,
- las tuberías de succión y descarga,
- las bombas,
- las instalaciones eléctricas,
- las instalaciones sanitarias.

El pozo húmedo puede construirse como un tanque independiente (Figura 4.4.-21 a) o como parte de la estación de bombeo (Figura 4.4.-21 b). El tamaño del mismo dependerá de los ciclos de funcionamiento de la bomba.

$$V = 0,9 \frac{Q_m}{Z} \quad [m^3]$$

donde

V = volumen en el pozo húmedo, en m³
Q_m = descarga promedio, en l/s
Z = ciclos por hora, como sigue:

hasta 7,5 kW	Z ≤ 15
hasta 50 kW	Z ≤ 12
más de 50 kW	Z ≤ 10

El pozo húmedo está provisto de una rejilla y en los casos necesarios (grandes estaciones de bombeo) de un triturador.

En la cámara seca se encuentran las bombas de agua y de vacío, las conexiones de las tuberías de succión y descarga, las válvulas de compuerta, los instrumentos de medición y los interruptores eléctricos.

Normalmente, la tubería de succión es más grande que la tubería de descarga. La velocidad del flujo, en lo posible, no deberá ser mayor de 1,0 m/s, para evitar que la carga hidráulica se separe. Las pérdidas por fricción en las tuberías de succión podrán obtenerse a partir de los cuadros respectivos. Si existen varias bombas, cada una deberá contar con su propia tubería de succión.