
CRITERIOS Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA FACTIBILIDADES.
Alcantarillado Sanitario.

CAPITULO 3. ALCANTARILLADO

3.1 INTRODUCCIÓN.

El sistema de alcantarillado consiste en una serie de redes de tuberías y obras complementarias necesarias para recibir, conducir y evacuar las aguas residuales y los escurrimientos superficiales producidos por las lluvias.

De acuerdo a las necesidades actuales de la ciudad y de los reglamentos existentes en materia de control ambiental, se ha optado por separar los sistemas de alcantarillado que por años su tendencia fue construirlos combinados por razones económicas y técnicas que en su tiempo se justificaban.

Es evidente que entre los diferentes tipos de alcantarillado hay situaciones técnicas comunes, como son el diseño hidráulico, profundidades, especificaciones de construcción, etc., que si se describieran para cada uno en los subcapítulos correspondientes, harían extenso este documento innecesariamente, por lo que se optó por hacer énfasis al detalle en el subcapítulo de alcantarillado sanitario debido a la importancia que reviste en la actualidad en nuestro medio el saneamiento, describiendo en los demás únicamente el criterio de cálculo.

3.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ALCANTARILLADOS

Los sistemas de alcantarillado se clasifican de acuerdo al tipo de agua que conducen:

- A) ALCANTARILLADO SANITARIO:** Es la red generalmente de tuberías, a través de la cual se deben evacuar en forma rápida y segura las aguas residuales municipales (domésticas o de establecimientos comerciales) hacia una planta de tratamiento y finalmente a un sitio de vertido donde no causen daños ni molestias.
- B) ALCANTARILLADO PLUVIAL:** Es el sistema que capta y conduce las aguas de lluvia para su disposición final, que puede ser por infiltración, almacenamiento o depósitos y cauces naturales.
- C) ALCANTARILLADO COMBINADO:** Es el sistema que capta y conduce simultáneamente el 100% de las aguas de los sistemas mencionados anteriormente, pero que dada su disposición dificulta su tratamiento posterior y causa serios problemas de contaminación al verterse a cauces naturales y por las restricciones ambientales se imposibilita su infiltración.
- D) ALCANTARILLADO SEMI-COMBINADO:** Se denomina al sistema que conduce el 100% de las aguas negras que produce un área ó conjunto de áreas, y un porcentaje menor al 100% de aguas pluviales captadas en esa zona que se consideran excedencias y que serían conducidas por este sistema de manera ocasional y como un alivio al sistema pluvial y/o de infiltración para no ocasionar inundaciones en las vialidades y/o zonas habitacionales.

Es importante hacer la aclaración que en este capítulo al hacer referencia a subcolectores y colectores nos referimos a los componentes del sistema que cumplen esa función exclusivamente dentro del área objeto de estudio, de tal manera que se drenará una área en particular. Por lo que al tratarse de colectores y subcolectores que su objetivo sea el de atravesar varias zonas ó áreas en estudio para su drenado, estos pueden ser responsabilidad en cuanto a proyecto y construcción del Gobierno del Estado, a través de su Departamento de Obras Publicas ó del SIAPA directamente.

3.3 ALCANTARILLADO SANITARIO

La prioridad fundamental en cualquier desarrollo urbano es el abastecimiento de agua potable, pero una vez satisfecha esa necesidad se presenta el problema del desalojo de las aguas residuales. Por lo tanto se requiere la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario para eliminar las aguas residuales que producen los habitantes de una zona urbana incluyendo al comercio y a la industria.

Un sistema de alcantarillado esta integrado por todos ó algunos de los siguientes elementos: atarjeas, subcolectores, colectores, interceptores, emisores, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, descarga final y obras accesorias. El destino final de las aguas residuales podrá ser desde un cuerpo receptor hasta el reuso dependiendo del tratamiento que se realice y de las condiciones particulares de la zona de estudio.

La norma técnica ecológica **NOM-002-SEMARNAT-1996** establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes para las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado. La industria, el comercio y el usuario en general deberán cumplir con dicha norma, no vertiendo sustancias que son peligrosas en un alcantarillado, por lo que se debe tener especial cuidado en eliminar este tipo de sustancia. Estos desechos líquidos, están compuestos por sólidos suspendido, sólidos sedimentables (principalmente materia orgánica), nutrientes (nitrógeno y fósforo), y organismos patógenos entre otros contaminantes.

El encauzamiento de las aguas residuales evidencia la importancia de ampliar lineamientos técnicos, que permitan elaborar proyectos de alcantarillado económicos, eficientes y seguros, considerando que deben ser auto-limpiantes, auto-ventilantes e hidráulicamente herméticos, esto último conforme a la **NOM-001-CNA-1995**.

La normatividad en materia de control de la contaminación por descargas de aguas residuales en el país, está regida por cuatro normas:

- ▶ Norma Oficial Mexicana **NOM-001-ECOL-1996**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales (NOM-001).
- ▶ Norma Oficial Mexicana **NOM-002-ECOL-1996**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. (NOM-002).
- ▶ Norma Oficial Mexicana **NOM-003-ECOL-1997**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público.(NOM-003)
- ▶ Norma Oficial Mexicana **NOM-004-ECOL-1999**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para lodos los provenientes del desazolve, de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal; de las plantas potabilizadoras; y del tratamiento de las aguas residuales, para su disposición final y aprovechamiento. (NOM-004).

En los proyectos para alcantarillado sanitario sólo se deberá proyectar e instalar tuberías que garanticen la hermeticidad de la línea y la calidad y el tiempo de vida de los materiales, siendo las que se autorizan: el PVC especial para alcantarillado sanitario serie 25 (*mínimo*), y el polietileno de alta densidad (PEAD). Solo se autorizará otro tipo de tubería previo análisis del material a emplear y del estudio del subsuelo de la zona que denote la existencia de estratos impermeables, y previa autorización de este Organismo. Así mismo el sistema de descargas domiciliarias deberá ser de material homogéneo y compatible, de manera que no ocasione problemas a la tubería, pudiendo combinarse tuberías de diferente material en el caso de requerirse "madrinas" ó líneas auxiliares.

Como en todo proyecto de ingeniería, para los sistemas de alcantarillado se deben plantear las alternativas necesarias, definiendo al nivel de esquema las obras principales que requieran cada una de ellas. Se deben considerar los aspectos constructivos y los costos de inversión para cada una de las alternativas. Se selecciona la alternativa que asegure el funcionamiento adecuado con el mínimo costo.

El periodo de diseño para un sistema de alcantarillado sanitario debe definirse de acuerdo a los lineamientos establecidos en el Capítulo 1.

En el dimensionamiento de los diferentes componentes de un sistema de alcantarillado, se debe analizar la conveniencia de programar las obras por etapas, existiendo congruencia entre los elementos que lo integran y entre las etapas que se propongan para este sistema, considerando el de agua potable. El diseño hidráulico debe realizarse para la condición de población de proyecto obtenida según se indica en el Capítulo 1.

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

Los cárcamos de bombeo sólo se construirán cuando ésta sea la ultima alternativa viable, la operación y el mantenimiento quedarán en resguardo y bajo la responsabilidad del desarrollo, ya que el SIAPA no se hará responsable de la operación y el mantenimiento de este tipo de obras.

En el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario se debe conocer la infraestructura existente en la zona y asegurar que, en los cruces con la red de agua potable, la tubería del alcantarillado siempre se localice por debajo.

3.4 COMPONENTES DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO.

Los componentes principales de las redes que integran los alcantarillados, son las siguientes:

- a) Red de atarjeas.
- b) Subcolectores.
- c) Colectores.
- d) Emisores.

3.4.1. Red de Atarjeas.

La red de atarjeas tiene por objeto recolectar y transportar las descargas de aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, para conducir los caudales acumulados hacia los colectores, interceptores ó emisores. Esta red esta constituida por un conjunto de tuberías por las que circulan las aguas residuales. El ingreso del agua a las tuberías es paulatino a lo largo de la red, acumulándose los caudales, lo que da lugar a ampliaciones sucesivas de la sección de los conductos en la medida en que se incrementan los caudales. De esta manera se obtienen los mayores diámetros en los tramos finales de la red.

La red se inicia con la descarga domiciliaria ó albañal a partir del paramento exterior de las edificaciones; el diámetro del albañal en la mayoría de los casos es de 15 cm (6"), siendo éste el mínimo aceptable. La conexión entre albañal y atarjea debe ser hermética. A continuación se tienen las atarjeas, localizadas generalmente al centro de las calles, las cuales van recogiendo las aportaciones de los albañales. En general, su diseño 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, los cuales se definen en el Capítulo 1.

La estructura típica de liga entre dos tramos de la red es el pozo de visita, que permite el acceso del exterior para su inspección y maniobras de limpieza. Las uniones de la red de atarjeas con los pozos de visita deben ser herméticas, utilizando mangas de empotramiento. Los pozos de visita deben localizarse en todos los cruces, cambios de dirección, pendiente, diámetro y para dividir los tramos que exceden una longitud máxima de 80 m; distancia establecida por este Organismo para facilitar las maniobras de mantenimiento y limpieza de las redes.

3.4.2. Subcolectores, Colectores e Interceptores.

Sub-Colector: Es la tubería que recibe las aguas negras de las atarjeas para después conectarse a un colector. Su diámetro generalmente es menor a 61cm por lo que no es necesario utilizar madrinas.

Colector: Es la tubería que recoge las aguas negras de las atarjeas. Puede terminar en un interceptor, en un emisor ó en la planta de tratamiento. No es admisible conectar los albañales directamente a un colector; en estos casos el diseño debe prever atarjeas paralelas a los colectores.

Interceptor: Son las tuberías que interceptan las aportaciones de aguas negras de dos o mas colectores y terminan en un emisor o en la planta de tratamiento.

3.4.3. Emisores.

Emisor es el conducto que recibe las aguas de uno o más colectores ó interceptores, no recibe ninguna aportación adicional (atarjeas o descargas domiciliarias) en su trayecto y su función es conducir las aguas negras 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.

Por razones de economía, los colectores, interceptores y emisores deben tender a ser una replica subterránea del drenaje superficial natural. El escurrimiento debe ser por gravedad, excepto en condiciones muy particulares donde se requiere el bombeo. A continuación se describen brevemente cada uno de ellos.

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

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

En estos casos es necesario construir una estación de bombeo para elevar el caudal de un tramo de emisor a gravedad, a otro tramo que requiera situarse a mayor elevación o bien alcanzar el nivel de aguas máximas extraordinarias del cuerpo receptor, en cuyo caso el tramo de emisor a presión puede ser desde un tramo corto hasta la totalidad del emisor. El tramo a presión debe ser diseñado hidráulicamente debiendo estudiarse las alternativas necesarias para establecer su localización más adecuada, tipo y clase de tubería, así como las características de la planta de bombeo y la estructura de descarga.

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

3.4.4. Modelos de Configuración de Alcantarillados.

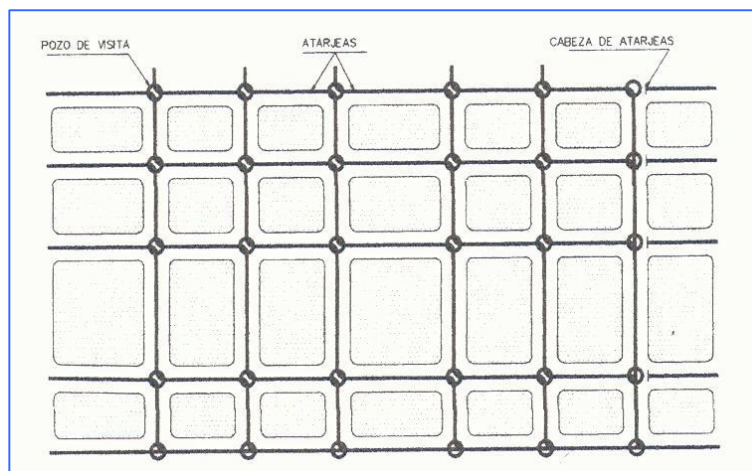
3.4.1.1. Modelos de configuración de atarjeas

No existe una regla general para el trazo de una red de alcantarillado, ya que se debe ajustar casi siempre a la topografía de cada lugar. Sin embargo, a continuación se presentan algunos tipos de trazos que pueden ser utilizados como guías:

a) Trazo en bayoneta.

Se denomina así al trazo que iniciando en una “cabeza” o inicio de atarjea tiene un desarrollo en zigzag ó en escalera.

Fig. 3.1 TRAZO DE LA RED DE ATARJEAS EN BAYONETA.



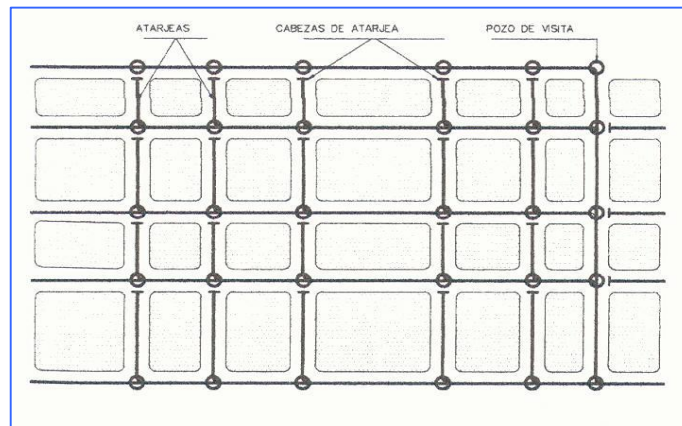
Las ventajas de utilizar este tipo de trazo son reducir el número de cabezas de atarjeas y permitir un mayor desarrollo de las atarjeas, incrementando el número de descargas para facilitar que los conductos adquieran un régimen hidráulico establecido, logrando con ello aprovechar adecuadamente la capacidad de cada uno de los conductos. Sin embargo, la dificultad que existe en su utilización es que el trazo requiere de terrenos con pendientes más ó menos estables y definidas.

Este trazo se recomienda para alcantarillas en donde existan terrenos muy planos en donde resultan velocidades de flujo muy bajas.

b) 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 descargando su contenido en una tubería común de mayor diámetro perpendicular a ellas.

Fig. 3.2 TRAZO EN PEINE



- **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, propiciando que se presente 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 muy irregular.

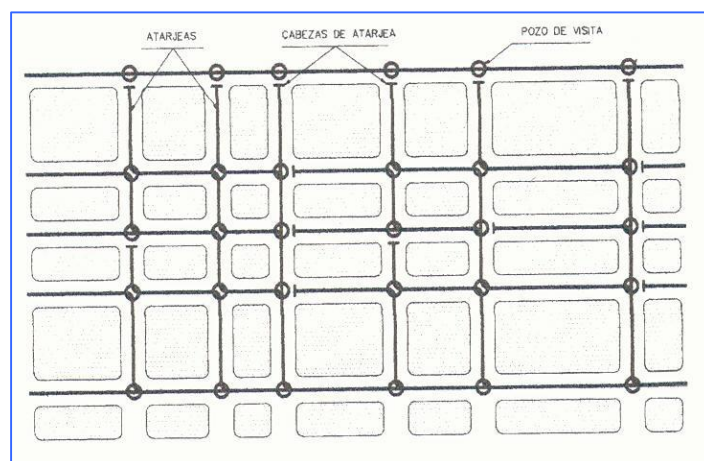
- **Desventajas :**

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

c) Trazo combinado

Corresponde a una combinación de los dos trazos anteriores y a trazos particulares obligados por los accidentes topográficos de la zona.

Fig. 3.3 TRAZO DE LA RED DE ATARJEAS COMBINADO



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

3.4.4.2. Modelos de Configuración para Colectores, Interceptores y Emisores.

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

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

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

3.4.5. Estructuras sanitarias accesorias.

Las obras accesorias usadas para el mantenimiento y operación del sistema de alcantarillado son:

- I. Descarga domiciliaria
- II. Pozos de visita
- III. Estructuras de caída
- IV. Sifones invertidos (*solo con autorización de este Organismo*)
- V. Cruces elevados
- VI. Cruces con carreteras y vías de ferrocarril
- VII. Cruces con ríos, arroyos o canales.
- VIII. Cárcamos de bombeo (*solo con autorización de este Organismo*)

Los cárcamos de bombeo solo se aprobaran por este organismo operador cuando ésta sea la única opción técnica viable y el constructor será el único responsable de su construcción. Traslado a los condóminos la obligatoriedad de la operación y mantenimiento.

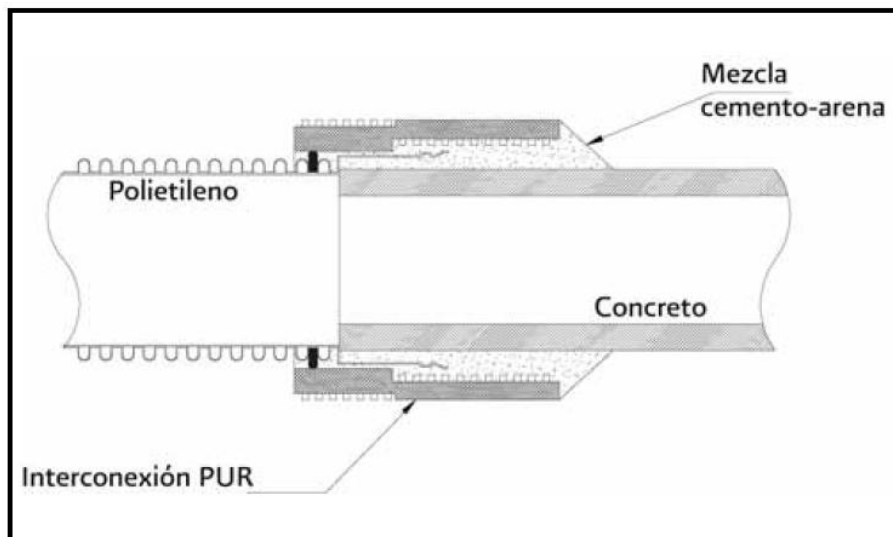
I) Descarga domiciliaria.

La descarga domiciliaria o "albañal exterior", es una tubería que permite el desalojo de las aguas servidas, de las edificaciones a la atarjea. La descarga domiciliaria se inicia en un registro principal, localizado en el área de la banqueta, provisto de una tapa de cierre hermético que impide la salida de malos olores, con un diámetro mínimo de 30cm, una profundidad mínima de 60cm y una pendiente mínima del 2%, se conecta a la atarjea por medio de un codo de 45° y un slant o una silleta dependiendo del material utilizado.

Se debe garantizar que la conexión del albañal a la atarjea sea hermética. Dependiendo del tipo de material de la atarjea o colector, se debe de seleccionar de preferencia el mismo material en la tubería de albañal y en las piezas especiales, así como el procedimiento de conexión correspondiente.

La tubería y todas las piezas de conexión de las descargas domiciliarias deben cumplir con las especificaciones y métodos de prueba establecidos en la **NOM-001-CNA-1995**.

Conexión
de concreto



sanitaria de líneas
con PVC

Fig. 3.4 CONEXIÓN LINEA DE CONCRETO CON PVC

A continuación se describen los procedimientos de instalación y de las piezas utilizadas en las diferentes conexiones domiciliarias según el tipo de material:

La cantidad de las descargas instaladas deben ser las indicadas en el proyecto autorizado por este Organismo y deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

- Cada vivienda debe tener instalada una descarga domiciliaria integrada por una silleta, un codo de 45° y un tubo o albañal exterior de un diámetro mínimo de 15 cm (6”),
- La tubería en donde se instalarán las descargas domiciliarias debe estar instalada al centro de la vialidad y respetar un colchón mínimo al arrastre del tubo de 1.50 M con respecto al nivel de piso terminado de la vialidad en tuberías de hasta 30 cm (12”) de diámetro.
- La silleta y el codo debe corresponder al tipo y al diámetro de la tubería, y las conexiones deben presentar una unión hermética con el tubo.
- La silleta debe estar instalada con inclinación en sentido a favor del flujo de la línea.
- Los albañales deben estar alojados en zanja y correctamente alineadas al centro de la misma, con una pendiente mínima del 2%.
- En todos los caso se deben utilizar abrazaderas o cinturones para sujetar la silleta a demás de haber colocado el cementante correspondiente para el tipo de tuberías que se están utilizando.
- Todas las puntas de los albañales deben tener colocados tapones para realizar la prueba de hermeticidad de la tubería.
- En cada una de las viviendas se deberá construir un registro domiciliario sobre la banquetta, antes de entroncarse a la red.
- Todas las piezas de conexión y la tubería no deben presentar agrietamientos y/o reparaciones a base de pegamentos u otros materiales.

a) En tubería de Poli-cloruro de vinilo (PVC).

En este tipo de conexión, se utiliza una silleta de PVC a 45 grados con campana (para unir con anillo) y extremo de apoyo para unir a la atarjea o colector y un codo de 45 grados con espiga y campana para su acoplamiento al albañal con anillo de hule. La silleta se acopla a la atarjea por cementación y deberá ser sujeta por medio de un par de abrazaderas o cinturones de material resistente a la corrosión; por su parte la silleta está provista de un anillo de hule con el que se logra la hermeticidad con la atarjea. Existe la posibilidad de utilizar "y" reducidas en lugar de silletas, pero se requiere conocer, antes de instalar las atarjeas, donde se conectarán las descargas domiciliarias.

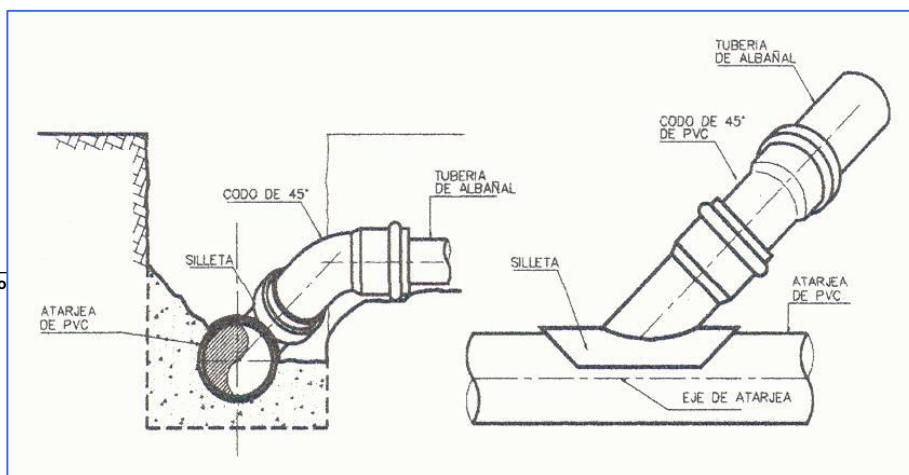


Fig. 3.6 DESCARGA DOMICILIARIA CON TUBERÍA DE PVC

b) En tubería de Polietileno de alta densidad (PEAD)

Se utiliza un "slant" o silleta a 45 grados y un codo a 45 grados. La unión entre el albañal y la atarjea cuando el sistema está seco, se realiza soldando el "slant" (fabricado del mismo material) a la atarjea con soldadura de polietileno en aporte o electrofusión o termofusión; cuando el sistema está en operación o el nivel freático está superficial, se debe emplear una silleta de polietileno, la cual se sujeta con una abrazadera. En este caso la silleta se asienta sobre un empaque de neopreno.

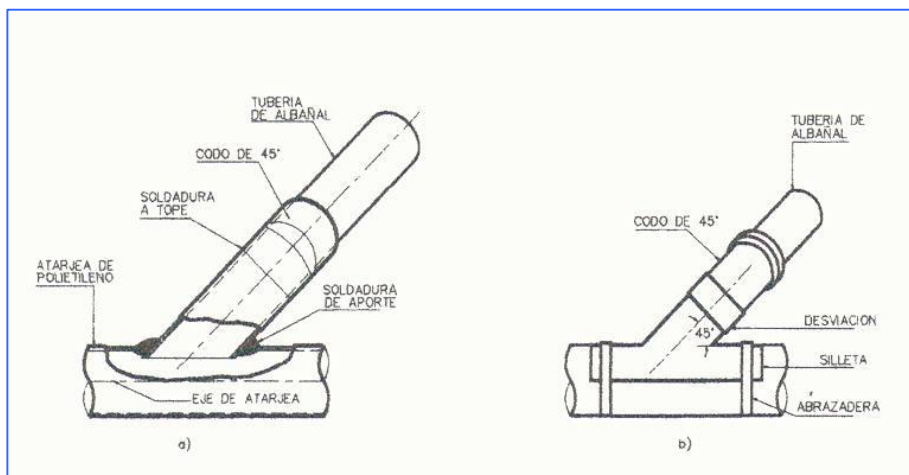


Fig. 3.7 DESCARGA DOMICILIARIA CON TUBERÍA DE POLIETILENO

II) Pozos de visita.

Son estructuras que permiten la inspección, ventilación y limpieza de la red de alcantarillado. Se utilizan generalmente en la unión de varias tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente.

Los materiales utilizados para la construcción de los pozos de visita deben asegurar la hermeticidad de la estructura y la conexión con la tubería. Pueden ser construidos en el lugar o prefabricados, su elección dependerá de un análisis económico,

En todos los tipos de pozos de visita, las tapas deberán ser de fundición dúctil y del tipo ciega, ventiladas (exclusivamente para pluvial, *perforadas*) con mecanismo de apertura-cierre.

Se deberán construir a una distancia máxima de separación de 80 m para facilitar las operaciones de inspección y de mantenimiento de la red.

Se construyen de tabique, concreto reforzado o de mampostería de piedra, juntado con mortero cemento-arena en proporción 1:4, de un espesor mínimo de 28cm a cualquier profundidad (*ver esquema*).

Este tipo de pozos se deben aplanar exterior e interiormente con mortero cemento-arena 1:3 mezclado con impermeabilizante para evitar la contaminación y la entrada de aguas freáticas; el interior del pozo deberá ser con acabado pulido, y el exterior con acabado apalillado de un espesor mínimo de 1 cm.

El pozo deberá disponer de escalones de 60 cm de largo, separados a cada 40 cm a partir del nivel de piso terminado del banquetón del pozo, debidamente empotrados y separados a 15 cm del muro.

El material del escalón deberá ser resistente a la corrosión, antiderrapante y rígido; pudiendo ser de acero inoxidable, fibra de vidrio reforzada o alma de acero, fierro fundido (con recubrimiento anticorrosivo) o de polietileno de alta densidad (PEAD), de un espesor mínimo de 3/4" (Ø)

Se deberán instalar mangas de empotramiento a todos los tipos de pozos de visita para asegurar una conexión hermética con la tubería, así como para garantizar la hermeticidad del sistema de conducción sanitario.

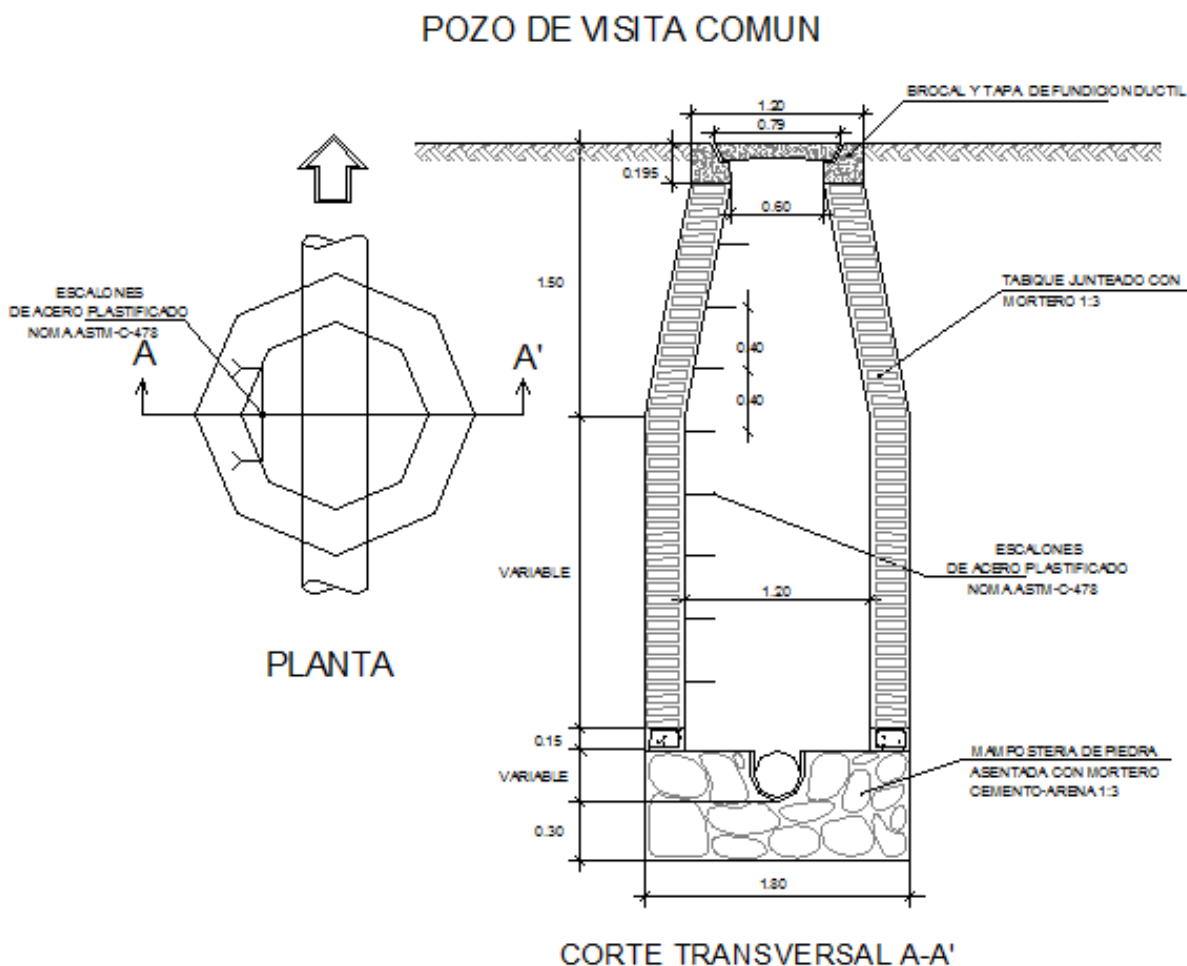
Clasificación de los pozos de visita construidos en el lugar:

- pozos comunes
- pozos caja
- pozos caja de unión
- pozos caja de deflexión

a) Pozos comunes.

Los pozos de visita comunes están formados por una chimenea de tabique de forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior. La cimentación de estos pozos puede ser de mampostería o de concreto. En terrenos suaves se construye de concreto armado aunque la chimenea sea de tabique.

En cualquier caso, las banquetas del pozo pueden ser de tabique o piedra. Todos estos elementos se juntan con mortero cemento-arena, con aditivo impermeabilizante. Un brocal de hierro dúctil que cubre la boca. El piso es una plataforma en la cual se localizan canales (medias cañas) que prolongan los conductos. Una escalera de peldaños empotrados en las paredes del pozo permite el descenso y ascenso del personal encargado de la operación y el mantenimiento del sistema.



Los pozos de visita comunes tienen un diámetro interior de 1.2 m, se utilizan con tubería de hasta 61 cm de diámetro, con tronques de hasta 45 cm de diámetro y permiten una deflexión máxima en la tubería de 90 grados.

Fig. 3.8 POZO DE VISITA COMUN

b) 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. Su sección transversal horizontal tiene forma rectangular o de un polígono irregular. Sus muros así como el piso y el techo son de concreto reforzado, arrancando de éste último la chimenea que al nivel de la superficie del terreno, termina con un brocal y su tapa, ambos de hierro dúctil. Generalmente a los pozos cuya sección horizontal es rectangular, se les llama simplemente pozos caja. Estos pozos no permiten deflexiones en las tuberías.

Existen tres tipos de pozos caja; el tipo 1 se utiliza en tuberías de 0.76 a 1.07 m de diámetro con entronques a 45 grados con tuberías de hasta 0.60 m de diámetro; el tipo 2, que se usa en tuberías de 0.76 a 1.22 m de diámetro con entronques a 45 grados con tuberías de hasta 0.76 m de diámetro; y el tipo 3, el cual se utiliza en diámetros de 1.52 a 1.83 m con entronques a 45 grados con tuberías de hasta 0.76 m de diámetro.

c) Pozos caja de unión.

Se les denomina así a los pozos caja de sección horizontal en forma de polígono irregulares. 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 con entronques a 45 grados de tuberías hasta de 1.22 m de diámetro; y el **tipo 2**, el cual se usa en diámetros de hasta 2.13 m con entronques a 45 grados de tuberías hasta de 1.52 m de diámetro.

d) Pozos caja de deflexión.

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

Fig. 3.10 POZO DE VISITA DE CONCRETO PREFABRICADO

Los pozos 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 bien compactada con un espesor mínimo de 10 cm. Donde el nivel freático es alto y existe peligro de supresión, el pozo de visita se debe asentar sobre una base de concreto para asegurar su posición.

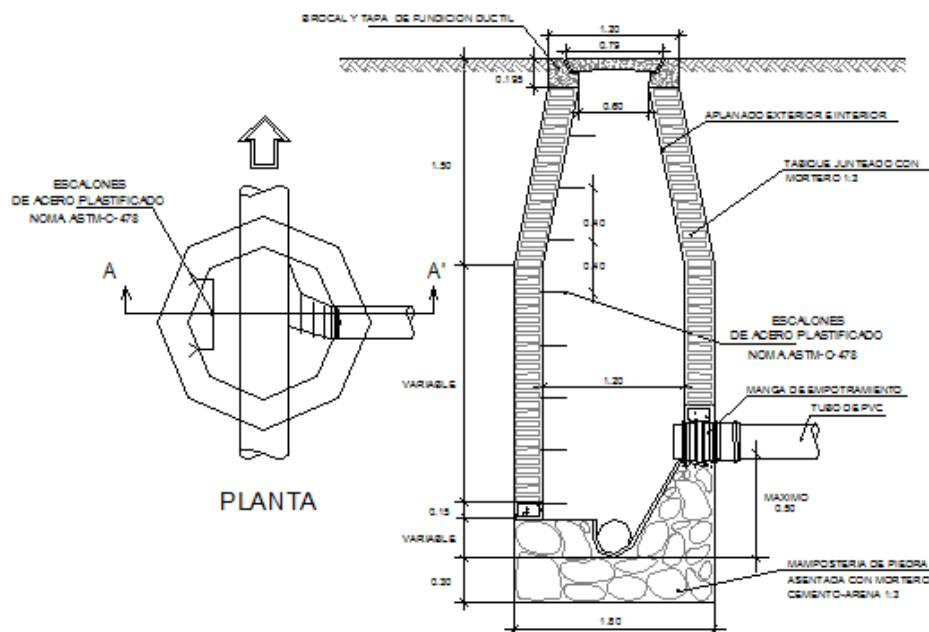
Todas las preparaciones de entrada y salida se colocan en el pozo según las especificaciones que se proporcionen al fabricante.

Actualmente se fabrica el pozo de visita común con un diámetro interior de 1.2 m y se usa para unir tuberías de 0.2 a 0.61 m con entronques de hasta 0.45 m de diámetro.

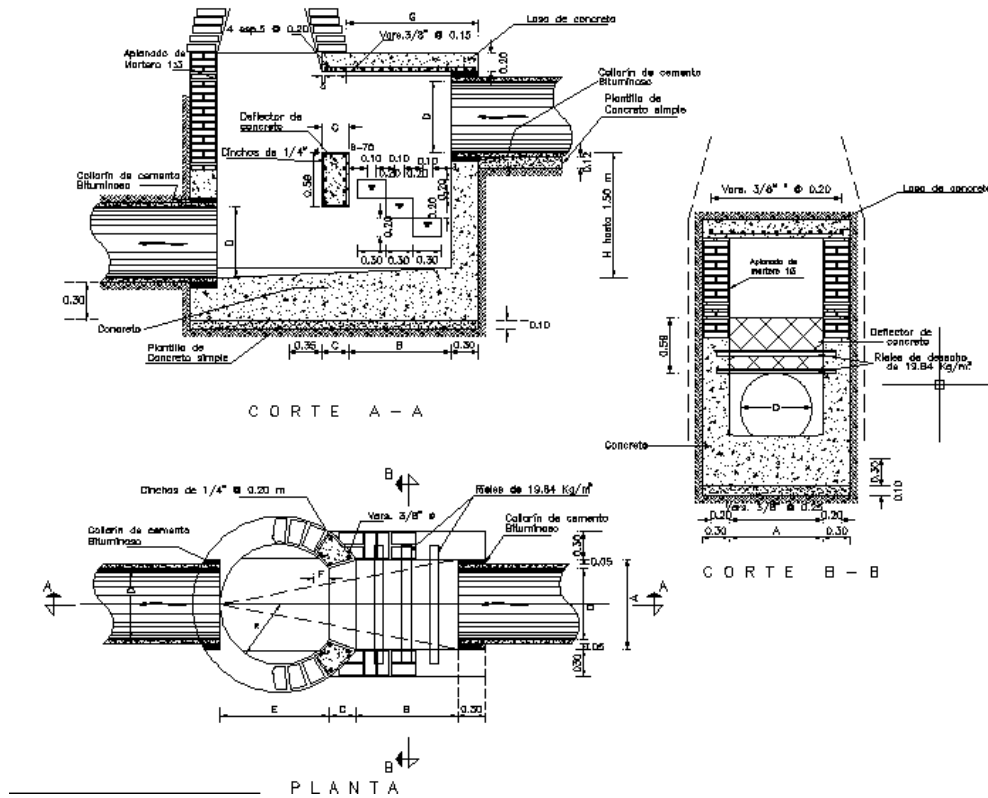
II) Estructuras de caída.

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

Las estructuras de caída que se utilizan son:



a) Caídas libres:
Se permiten caídas hasta de 0.50 m dentro del pozo sin la necesidad de utilizar alguna estructura especial.



d) Estructuras de caída escalonada: Son estructuras con caída escalonada cuya variación es de 0.50 en 0.50 m hasta llegar a 2.50 m (cinco tramos) como máximo, que están provistas de dos pozos de visita en los extremos, entre los cuales se construye la caída escalonada; en el primer pozo, se localiza la plantilla de entrada de la tubería, mientras que en el segundo pozo se ubica su plantilla de salida. Este tipo de estructuras se emplea en tuberías con diámetros desde 0.91 hasta de 2.44 m

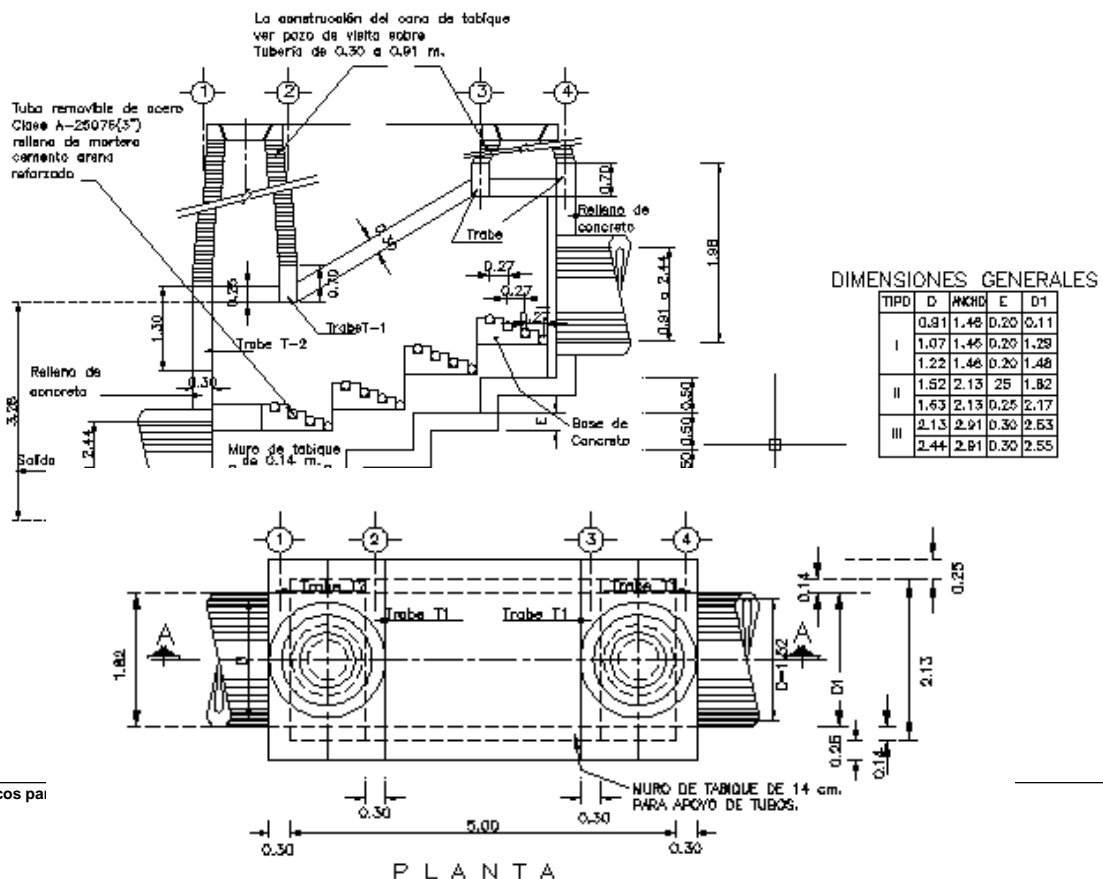


Fig. 3.13 POZO CAIDA ESCALONADA

IV) Sifones invertidos.

Cuando se tienen cruces con alguna corriente de agua, depresión del terreno, estructura, tubería o viaductos subterráneos, que se encuentren al mismo nivel en que debe instalarse la tubería, generalmente se utilizan sifones invertidos. Estos deberán ser autorizados por el organismo operador, a través de las áreas técnicas y operativas.

En su diseño se deben tomar en cuenta lo siguientes conceptos:

- Velocidad mínima de escurrimiento de 1.20 m/s para evitar sedimentos.
- Analizar la conveniencia de emplear varias tuberías a diferentes niveles, para que, de acuerdo a los caudales por manejar, se obtengan siempre velocidades adecuadas. La primera tubería tendrá capacidad para conducir el gasto mínimo de proyecto.
- En caso de que el gasto requiera una sola tubería de diámetro mínimo de 20 cm, se acepta como velocidad mínima de escurrimiento la de 0.60 m/s.
- Se deben proyectar estructuras adecuadas (cajas), tanto a la entrada como a la salida del sifón, que permitan separar y encauzar los caudales de diseño asignados a cada tubería, así como espacio para maniobrar en las funciones de mantenimiento requerido por la estructura.
- Se deben colocar rejillas en una estructura adecuada, aguas arriba del sifón, para detener objetos flotantes que puedan obstruir las tuberías del sifón.

V) Cruces elevados.

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

La tubería para el paso por un puente vial, ferroviario o peatonal, debe ser de acero y estar suspendida del piso del puente por medio de soportes que eviten la transmisión de las vibraciones a la tubería, la cual 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.

VI) 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 a la tubería de acero del medio que la rodea. En otros casos se presenta la solución en que la tubería de acero es solo una camisa de espesor mínimo y la carga exterior la absorbe el revestimiento de concreto reforzado, en forma de conducto rectangular. El tipo de cruce elegido debe contar con la aprobación de la *Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)*

En los cruces ferroviarios una solución factible cuando el diámetro de la tubería de alcantarillado es menor o igual a 30 cm, es introducir la tubería dentro de una camisa formada por un tubo de acero hincado previamente en el

terreno, el cual se diseña para absorber las cargas exteriores. Este tipo de cruces debe construirse de acuerdo a las especificaciones de los FFCC, quienes deben de aprobar el proyecto.

VII) Cruces subterráneos con ríos, arroyos o canales.

En este tipo de cruzamientos debe considerarse especial atención en desplantar el cruzamiento a una profundidad tal que la erosión de la corriente no afecte a la estabilidad de éste. Este tipo de cruzamiento subterráneo se recomienda hacerlo con tubería de acero, revestida de concreto simple o reforzado, según lo marque el diseño correspondiente. Se considera una buena práctica colocar sobre el revestimiento en forma integral un lavadero de concreto que siga las curvas de nivel del cauce para no alterar el régimen de la corriente. Este revestimiento que se menciona servirá para atracar a la tubería.

En algunas ocasiones cuando no existe el peligro muy marcado de lo que pueda representar la erosión de la corriente, el lavadero de concreto puede sustituirse por otro, construido con material de la región como mampostería de piedra o zampeado de piedra o bien únicamente esta última, pero colocada en forma suelta con dimensión promedio de 60 cm, pero conservando el diseño de colocar a la tubería dentro del revestimiento de concreto simple o reforzado. La tubería debe ser debidamente anclada por medio de atraques de concreto para impedir su deslizamiento por socavación del fondo del río o arroyo.

VIII) Estaciones de bombeo.

Las estaciones de bombeo son instalaciones integradas por infraestructura civil y electromecánica, destinadas a transferir volúmenes de aguas residuales o tratadas de un determinado punto a otro 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. (Múltiple).
- Equipo de maniobras.

Los cárcamos de bombeo solo se ejecutarán cuando ésta sea la única opción viable, y el constructor será el único responsable de su construcción, operación y mantenimiento.

3.4.6. Sitios de Vertido.

La disposición final de las aguas residuales se puede llevar a cabo en diversas formas, que complementan por medio de los procesos naturales, el trabajo que efectúan las plantas de tratamiento. Es importante señalar que todos los vertidos sin tratamiento son de manera provisional. A continuación se describen los sitios más comunes de disposición de aguas tratadas:

a) Vertido en corrientes superficiales.

No se aceptara vertidos a corrientes superficiales a menos que previa a su descarga exista el tratamiento del referido vertido en conformidad con la normatividad de la CONAGUA.

b) Vertido en Terrenos.

Se lleva a cabo para utilizar las aguas residuales tratadas bajo la norma **NOM-003-SEMARNAT-1997** para riego de áreas verdes ó con fines recreativos.

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

- A.-** Gasto mínimo y máximo de aguas servidas que entrega el emisor.
- B.-** Tipo de suelo.
- C.-** Permeabilidad del terreno y factibilidad para drenarlo.

- D.- Elevación del nivel freático.
- E.- Topografía del terreno ligada a la del emisor de descarga.

Cuando el emisor corresponda a la tubería, su plantilla debe ser lo más superficial que sea posible en la descarga, garantizando un colchón mínimo de 60 cm a lomo de tubo 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.

El agua residual tratada para irrigación se puede utilizar para regar pastizales, huertos de naranjos, limoneros, nogales y los jardines de parques públicos, siempre y cuando cumpla con la **NOM-003-SEMARNAT-1997**.

Si la disposición final se hace para riego, en cultivo de hortalizas se debe de evitar su uso.

3.5 CONSIDERACIONES BÁSICAS DE DISEÑO Y CÁLCULO.

Para el diseño y cálculo de los sistemas de alcantarillado, deberán considerarse los siguientes aspectos:

3.5.1. 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 anteriormente. La circulación del agua debe ser por 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 un cárcamo de bombeo localizado donde el colector tenga la cota de plantilla mas baja para después enviarla mediante un emisor a presión a zonas de la red de atarjeas o colectores que drenen naturalmente.

3.5.2. Información básica a obtener.

a) Planos Topográficos.

Plano topográfico actualizado a escala 1:1,000 para líneas de conducción y/o alejamiento, y a escala 1:2,000 para redes de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas, con información producto de nivelación directa.

El plano debe tener curvas de nivel equidistante a un metro y elevaciones de terreno en cruces y puntos notables entre cruces, como puntos bajos, puntos altos, cambio de dirección o pendiente y referenciado a las coordenadas (x), y, (z) UTM de la red geodésica nacional.

El plano contendrá planta y perfil tratándose de líneas de conducción donde la planta deberá de contener los trazos de las calles y niveles de rasante a cada 20 metros, en caso de ser necesario, perfiles longitudinales de las calles con escalas en horizontal 1:1000 y en vertical 1:100 .y en los casos de la red en zonas específicas deberá tener las características hidráulicas de operación de las líneas en cada uno de los cruces.

b) Planos de Pavimentos y Banquetas.

Debe anotarse su tipo y estado de conservación, además, indicar la profundidad del nivel freático, clasificación del terreno en porcentajes del tipo de material por excavar, localizando los sondeos efectuados

c) Plano actualizado de la red (en caso de ser necesario).

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

d) Plano de Uso Actual de Suelo.

Se deben localizar las diferentes zonas habitacionales con sus diferentes densidades de población, las zonas comerciales, zonas industriales, zonas públicas y las áreas verdes.

3.5.3. Cálculo de Gastos para diseño de la Red.

Los gastos de diseño de aguas residuales que se consideran en los proyectos de alcantarillado sanitario son: el gasto medio, mínimo, máximo instantáneo y máximo extraordinario. Los tres últimos se determinan a partir del primero.

El sistema de alcantarillado sanitario, debe construirse herméticamente por lo que no se adicionará al caudal de aguas residuales el volumen por infiltraciones. Los criterios de cálculo de los gastos se detallan en el Capítulo 1.

3.5.4. Variables Hidráulicas.

a) Velocidades.

a.1) Velocidad mínima.

La velocidad mínima se considera aquella con la cual no se permite depósito de sólidos en las atarjeas que provoquen azolves y taponamientos. La velocidad mínima permisible es de 0.6 m/s, considerando el gasto mínimo calculado. Adicionalmente, debe asegurarse que el tirante calculado bajo éstas condiciones tenga un valor mínimo de 1.0 cm en casos de pendientes fuertes y de 1.5 cm en casos normales.

a.2) Velocidad máxima.

La velocidad máxima es el límite superior de diseño con el cual se trata de evitar la erosión de las paredes de las tuberías y estructuras. La velocidad máxima permisible para los diferentes tipos de material se muestra en la *Tabla 3.1*. Para su revisión se utiliza el gasto máximo extraordinario calculado.

Tabla 3.1 VELOCIDADES MÁXIMA Y MÍNIMA PERMISIBLE EN TUBERÍAS (alcantarillado)

MATERIAL DE LA TUBERÍA.	VELOCIDAD (m/seg.)	
	MÁXIMA.	MÍNIMA.
Concreto reforzado de 60 cm. de diámetro ó mayores.	3.50	0.60
Concreto presforzado.	3.50	0.60
Acero con revestimiento.	5.00	0.60
Acero sin revestimiento.	5.00	0.60
Acero galvanizado.	5.00	0.60
Fierro fundido.	5.00	0.60
Hierro dúctil.	5.00	0.60
Polietileno de alta densidad.	5.00	0.60
PVC (policloruro de vinilo)	5.00	0.60

Nota: Por necesidad propia de este organismo operador se establece que la velocidad mínima es 0.60 m/s. *b) Pendientes.*

El objeto de establecer límites mínimos y máximos en los valores de las pendientes es para evitar hasta donde sea posible el azolve y la erosión de las tuberías. Las pendientes de las tuberías deberán seguir hasta donde sea posible el perfil del terreno, con objeto de tener excavaciones mínimas, pero tomando en cuenta las restricciones de velocidad y de tirantes mínimos del apartado anterior y la ubicación y topografía de los lotes a los que se dará servicio.

En los casos especiales 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, deberá presentar diseño a detalle para valoración técnica – operativa.

En la *Tabla. 3.2* aparecen las pendientes mínimas recomendadas para tuberías de PVC para alcantarillado. Estas pendientes podrán modificarse en casos especiales y previo análisis y justificación para cada caso.

DIAMETRO mm	SERIE 25		SERIE 20		SERIE 16.5	
	MIN. mm/m	MAX. mm/m	MIN. mm/m	MAX. mm/m	MIN. mm/m	MAX. mm/m
110			1.12	203.23	1.12	204.28
160	1.23	120.55	1.22	122.35	1.22	123.99
200	1.32	89.39	1.32	90.72	1.31	92.07
250	1.44	66.38	1.43	67.39	1.42	68.27
315	0.86	48.78	0.86	49.48	0.85	50.17
355	0.90	41.59	0.90	42.18	0.89	42.78
400	0.94	35.45	0.94	35.98	0.93	36.47
450	0.70	30.31	0.69	30.73	0.69	31.17
500	0.57	26.23	0.57	26.72	0.56	27.09
630	0.51	19.35	0.51	19.62	0.51	19.90

Tabla 3.2 PENDIENTES MÍNIMAS Y MÁXIMAS PARA TUBERÍAS DE PVC.

c) Diámetros.

c.1) Diámetro mínimo.

La experiencia en la conservación y operación de los sistemas de alcantarillado sanitario a través de los años, ha demostrado que para evitar obstrucciones el diámetro mínimo en las tuberías debe ser de 25cm (10")

c.2) Diámetro seleccionado.

El diámetro seleccionado estará en función de los resultados del cálculo descrito en el inciso 3.5.5.

3.5.5. Cálculo Hidráulico.

a) Fórmulas para el diseño.

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

a.1) Fórmula de la continuidad.

La fórmula de continuidad para un escurrimiento continuo permanente es: $Q=VA$ (1)

Donde:

- Q Es el gasto en m³/s.
- V Es la velocidad en m/s.
- A Es el área transversal del flujo en m².

a.2) Fórmula de Manning.

Para el cálculo hidráulico del alcantarillado se utiliza la fórmula de Manning: (2)

Donde:

$$V = \frac{1}{n} \cdot r^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

- V Es la velocidad en m/s.
- r Es el radio hidráulico, en m.
- S Es la pendiente del gradiente hidráulico, adimensional.
- n Es el coeficiente de fricción.

El radio hidráulico se calcula con la siguiente fórmula: $r = A / Pm$

Donde:

- A Es el área transversal del flujo, en m²
- P Es el perímetro mojado, en m.

Los cálculos hidráulicos podrán realizarse manualmente o por medio de sistemas computacionales.