



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

“REHABILITACIÓN DE RED DE  
ALCANTARILLADO EN 2 DA AVENIDA Y CALLE  
32, COLONIA EL SOL, NEZAHUALCÓYOTL,  
ESTADO DE MÉXICO”,

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Civil**

**P R E S E N T A**

Ernesto García González

**DIRECTOR(A) DE TESIS**

Ing. Marcos Trejo Hernández



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **“AGRADECIMIENTOS”**

**A DIOS POR PERMITIRME LLEGAR  
HASTA ESTE MOMENTO,**

**A MI FAMILIA POR APOYARME A LO  
LARGO DE TODO ESTE TIEMPO,**

**A MI PADRE POR SERVIRME DE  
EJEMPLO Y SUPERACIÓN,**

**A MIS MAESTROS POR SUS  
ENSEÑANZAS Y SABIOS CONSEJOS,**

**A MI HIJO LEONARDO GARCÍA POR SER  
MI MOTOR Y MI MAYOR MOTIVACIÓN.**

# CONTENIDO

ÍNDICE	3
INTRODUCCIÓN	4
I.- ANTECEDENTES	14
II.- CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE UNA RED DE ALCANTARILLADO	19
II.1.- Aspectos a considerar en el diseño de alcantarillos considerados en el manual de agua potable,alcantarillado y saneamiento: alcantarillado sanitario	23
II.2.- Consideraciones para el diseño correcto de una red de atarjea	24
II.3.- Componentes de un sistema de Alcantarillado	27
II.4.- Metodología general para el diseño hidráulico	49
III.- CONSTRUCCIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO	53
IV.- PROBLEMÁTICA PRESENTADA EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO	99
V.- CONCLUSIONES.	101
BIBLIOGRAFÍA	102

## **Introducción**

La ingeniería civil en México ocupa un lugar importantísimo en el desarrollo del país, tanto económicamente, como potenciador de infraestructura para el progreso del mismo.

En el tiempo que he estado trabajando en la industria de la construcción, he puesto en práctica lo aprendido en la facultad de ingeniería en múltiples procesos durante la ejecución de las obras en las que he estado involucrado, ya sea directa o indirectamente, durante esta etapa de mi vida en la que he tenido la oportunidad de desarrollarme profesionalmente he tenido el privilegio de aprender, y tener un criterio más amplio sobre lo que es la labor de un ingeniero civil en la rama de la construcción.

La obra que aquí se menciona fue realizada por la empresa Construcciones y Decoraciones Modernas S.A. de C. V. (CODEMSA), misma en la que he laborado en diferentes puestos desde junio del 2011 y en la actualidad vigente.

La descripción de este proyecto, pretende ser una ayuda para los ingenieros civiles ya que en el definiré el proceso y detalles constructivos de la “rehabilitación de una red de alcantarillado (drenaje)” en este caso la obra se encuentra ubicada en la 2da. Avenida y calle 32, en la colonia en Sol en Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México , así como también los inconvenientes y problemas que surgieron durante el proceso de la obra en cuestión, y algunos otros detalles que puedan ser de utilidad como consulta al momento de ejecutar una obra similar.

La rehabilitación del sistema de drenaje tiene la finalidad de abatir de rezagos de infraestructura y servicios en dicho colector, así como también la creación de un sistema de alcantarillado que tenga como finalidad recolectar las aguas residuales, domésticas e industriales que tendrá flujo de Av. Víctor hasta la Segunda Avenida Y de Segunda Avenida hacia la av. Aureliano Ramos y dará pie a la creación de un nuevo tramo que en un futuro próximo llegará hasta la Av. Bordo de Xochiaca.

Este proyecto tiene una meta física de 431 metros lineales de tubería de 61 cm de diámetro, 9 pozos de visita, 32 descargas domiciliarias, para así beneficiar alrededor

de 600 habitantes dentro de la colonia El Sol, en Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México.

Se identificará de manera clara y precisa, las normas a observar por el personal involucrado en la construcción y supervisión de obras hidráulicas, es importante conocer algunas definiciones para un correcto entendimiento del tema, por lo tanto, en breve se describirán algunos conceptos que se utilizarán para el desarrollo de este proyecto.

### **Definiciones:**

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

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

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

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

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

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

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

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

**Conducción por bombeo (presión).** - La conducción por bombeo es necesaria cuando se requiere adionar Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario 3 energía para obtener el gasto de diseño. Este tipo de conducción se usa generalmente cuando la elevación del agua es menor a la altura piezométrica requerida en el punto de entrega. El equipo de bombeo proporciona la energía necesaria para lograr el transporte del agua.

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

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

**Contaminantes.** - Son aquellos parámetros o compuestos que, en determinadas concentraciones pueden producir efectos negativos en la salud humana y en el medio ambiente, dañar la infraestructura hidráulica o inhibir los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

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

**Descarga.** - Acción de verter aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

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

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

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

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

**Instantáneo.** - Es el valor que resulta del análisis de laboratorio a una muestra de agua residual tomada de manera aleatoria o al azar en la descarga.

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

**Límite máximo permisibles.** - Valor o rango asignado a un parámetro el cual no debe ser excedido en la descarga de aguas residuales.

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

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

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

**Sistema de alcantarillado urbano o municipal.** - Es el conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de un servicio público de alcantarillado, incluyendo el saneamiento, entendiéndose como tal la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de aguas residuales.

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

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

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



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

### **Fórmulas para diseño hidráulico”**

En la red de atarjeas, en las tuberías, solo debe presentarse la condición de flujo a superficie libre.

-Formula de continuidad

$$Q = V \times A$$

Donde:

-Q es el gasto en m<sup>3</sup> /s.

-V es la velocidad en m / s

-A es el área transversal del flujo en m<sup>2</sup>

-Para el cálculo hidráulico en alcantarillado se utilizará la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} \times r h^2 \times S^{1/2}$$

Donde:

-V es la velocidad en m/s

-rh es el radio hidráulico, en m.

-S es la pendiente del gradiente hidráulico de la tubería adimensional.

-n es el coeficiente de fricción.

El radio hidráulico se calcula con la siguiente formula:

$$rh = \frac{A}{P_m}$$

Donde:

-A es el área transversal del flujo, en m<sup>2</sup>

-P<sub>m</sub> es el perímetro mojado, en m.

En la siguiente tabla se presentan las relaciones hidráulicas y geométricas para el cálculo de la red de alcantarillado usando secciones circulares.

COEFICIENTE DE FRICCIÓN n ( MANNING)	
Material	Coeficiente n
Concreto	0.012
Concreto con revestimiento de PVC /PEAD	0.009
Acero soldado con recubrimiento interior (pinturas)	0.011
Acero sin revestimiento	0.014
Fibrocemento	0.01
Polietileno pared sólida	0.009
Polietileno corrugado/estructurado	0.012
PVC pared sólida	0.009
PVC pared corrugado/estructurado	0.009
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0.009
Tabla A	

El coeficiente de fricción n, representa las características internas de la superficie de la tubería, su valor depende del tipo de material, calidad del acabado y estado de conservación de la tubería, en la tabla A se presentan algunos valores.

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

$$a) \theta = 2 \times \cos^{-1} \left( 1 - \frac{d}{r} \right)$$

$$b) P_m = \pi \times D \times \frac{\theta}{360}$$

$$c) rh = r \left( 1 - \frac{360 \times \sin \theta}{2\pi\theta} \right)$$

$$d) A = r^2 \times \left( \frac{\pi \times \theta}{360} - \frac{\sin \theta}{2} \right)$$

Donde:

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

El gasto mínimo (Q mín.) es el menor de los valores de escurrimiento que normalmente se presentan en una tubería.

$$Q_{\text{mín}} = 0.5 \times Q_{\text{med}}$$

El gasto mínimo corresponde a la descarga de un excusado de 6 litros, dando un gasto de 1.0 lt/seg, este será al inicio de una atarjea y Qmed es el gasto medio de las aguas residuales.

En la siguiente tabla (B) se muestran valores de gasto mínimo para diferentes diámetros de tubería, y deben ser usados para el diseño de atarjeas.

GASTO MÍNIMO DE AGUAS RESIDUALES CON INODOROS DE 6 LITROS PARA DISTINTOS DIÁMETROS			
Diámetro (cm)	# de descargas simultaneas	Aportación por descarga (l/s)	Gasto mínimo (l/s)
10-25	1	1.0	1
30-40	2	1.0	2
45-46	3	1.0	3
50-55	4	1.0	4
60-63	5	1.0	5
65	6	1.0	6
70	7	1.0	7
75-76	8	1.0	8
80	9	1.0	9
85	10	1.0	10
90-91	12	1.0	12
100	15	1.0	15
107-110	17	1.0	17
120-122	23	1.0	23
130	25	1.0	25
140	28	1.0	28
150-152	30	1.0	30
160	32	1.0	32
170	35	1.0	35
180-183	38	1.0	38
190	41	1.0	41
200	44	1.0	44
213	47	1.0	47
244	57	1.0	57
305	74	1.0	74

Tabla B

### -Gasto Medio

El gasto medio ( $Q_{med}$ ) es el valor del caudal de aguas residuales en un día de aportación promedio al año.

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

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

En zonas habitacionales se adopta como aportación de aguas residuales el 75% de la dotación de agua potable, considerando que el 25% restante se consume antes de llegar a las atarjeas, en función de la población y de la aportación, el gasto medio de aguas residuales en cada tramo de la red se calcula con:

$$Q_{med} = \frac{Ap \times P}{86,400}$$

*donde:*

$Q_{med}$  : Es el gasto medio de aguas re en litro por habitantes al día.

$Ap$  : Es la aportación en litros por habitante al día.

$P$  : Es la población en número de habitantes.

86 400 Son el número de segundos al día.

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

### -Gasto Máximo Instantáneo

Es el valor máximo de escurrimiento que se puede presentar en un instante dado. Su valor es el producto de multiplicar el gasto medio de aguas residuales

por un coeficiente M, que en el caso de la zona habitacional es el coeficiente de HARMON.

$$Q \text{ max. inst} = M \times Q_{med}$$

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

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

Donde:

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

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

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

El coeficiente M en zonas industriales, comerciales o públicas, presenta otra ley de variación. Siempre que sea posible, debe hacerse un aforo del caudal de agua residual en las tuberías existentes para determinar sus variaciones reales.

De no disponer de esta información, el coeficiente M podrá ser de 1.5 en zonas comerciales e industriales.

#### -Gasto Máximo Extraordinario

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

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

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

Donde:

$C_s$  es el coeficiente de seguridad adoptado

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

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

## **I.-ANTECEDENTES**

En las últimas décadas, el planeta ha sufrido graves daños ambientales, el agua, el aire, el suelo, la flora y fauna y los ecosistemas en general experimentan una degradación importante, y de manera más rápida que en los últimos 100 años, por

lo tanto la situación actual requiere y demanda atención inmediata ante esta problemática se ha estado utilizando el concepto de “desarrollo sustentable”, que promueve el cuidado y la conservación responsable de los recursos naturales, buscando que las generaciones actuales utilicen sin afectar su disponibilidad para las generaciones futuras.

El desarrollo sustentable aplicado al agua se denomina “Gestión Integral de los Recursos Hídricos, (GIRH). Este se define como un proceso sistemático para el desarrollo, asignación y monitoreo de los usos del agua, de acuerdo con objetivos sociales, económicos y ambientales que buscan el desarrollo sustentable.

Los sistemas hidráulicos deben planearse, proyectarse, calcularse y construirse desde la perspectiva de ciudad sustentable. No es posible seguir ensuciando el agua y tirarla a los ríos, lagos y mares, y permitir el irracional desperdicio del vital líquido.

En el desarrollo de las localidades urbanas, se debe realizar un anteproyecto para ejecutar una buena planeación y abastecer eficientemente los servicios, que en general se inician con un precario abastecimiento de agua potable y van satisfaciendo sus necesidades con obras escalonadas en bien de su economía, al contrario de las localidades rurales, que suelen presentar asentamientos irregulares, poblando un área determinada, y ya cuando existen un grupo de viviendas, se crea una comunidad, y los pobladores exigen los servicios a los municipios encargados de esa localidad.

Ante estos actos se deben implementar acciones que beneficien a largo plazo las necesidades de agua, manteniendo servicios ecológicos esenciales y beneficios económicos.

Como consecuencia de ambos casos se presenta el problema del desalojo de las aguas servidas o aguas residuales.

Se requiere así la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario para conducir las aguas residuales que produce una población, incluyendo el comercio, los servicios y a la industria a su destino final.

Se debe buscar:

- Mejoramiento de las redes de suministros de agua.
- Restauración de red de colectores (sistemas de alcantarillado).
- Aprovechamiento de las aguas pluviales rodadas.

Un sistema de alcantarillado sanitario está integrado por todos o algunos de los siguientes elementos: atarjeas, colectores, interceptores, emisores, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, descarga final y obras accesorias.

El destino final de las aguas servidas podrá ser, previo tratamiento, desde un cuerpo receptor hasta el reúso o la recarga de acuíferos, dependiendo del tratamiento a realizar.

Los desechos líquidos de un núcleo urbano, están constituidos, fundamentalmente, por las aguas de abastecimiento después de haber pasado por las diversas actividades de una población. Estos desechos líquidos se componen esencialmente de agua, más sólidos orgánicos e inorgánicos disueltos y en suspensión mismos que deben cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT vigente, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y del tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal.

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

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



red de agua potable, la tubería del alcantarillado siempre se localice por debajo de esta.

Al ser un proyecto gubernamental prácticamente el diseño se hace previo a concursar la obra, por lo tanto, esta empresa constructora no se hizo cargo de los datos de diseño, pero para fines de este trabajo escrito se mencionarán algunos aspectos importantes que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar alcantarillado:

En el año de 1933, las primeras personas se asentaron en el área de los municipios de Chimalhuacán, La Paz, y Ecatepec, que actualmente corresponden al municipio de Nezahualcóyotl, Estado de México.

A pesar de que es una ciudad joven, Nezahualcóyotl ha crecido rápidamente en todos los sentidos ya que actualmente cuenta con una cantidad considerable de escuelas, universidades y preparatorias, así como de lugares de esparcimiento importantes como: auditorios, parques, el estadio de fútbol Neza 86 y el Paseo Escultórico Nezahualcóyotl por mencionar algunos. A partir del 23 de abril de 1963 se convirtió en un municipio, su traza urbana se extendía en casas por doquier, el agua potable se surtía a través de varias llaves colocadas en las esquinas o bien por medio de pipas. Antes de ser municipio se le conocía como las colonias del ex vaso de Texcoco.

Ciudad Nezahualcóyotl, es el segundo municipio con mayor población en el Estado de México, según datos del INEGI la encuesta de 2015, existen registrados 1, 039,867 habitantes, actualmente hay colonias que se encuentran con infraestructura deteriorada y en el peor de los casos sin buen funcionamiento debido a que la vida útil de estas terminó.

Tal es el caso que presentan los habitantes de la colonia del sol en particular las calles 32 y segunda avenida, delimitadas por Aureliano Ramos y Av. Víctor, respectivamente, en el cual la línea de atarjea ha sido reparada en varias ocasiones anteriormente solo por tramos y no en su totalidad, esto es por el colapso en algunas partes de la tubería de drenaje existente.



**Imagen tomada de Google Maps**

A su vez se aprecia que por estas reparaciones la base, sub base, y carpeta asfáltica (foto 1 y 2) que comprende dichas reparaciones ha quedado dañada y en mal estado, dando pie a socavones que dificultan el tránsito vehicular, aunado a eso existen coladeras pluviales que se encuentran totalmente tapadas por la basura que se acumula en el lugar, han reportado los vecinos de la demarcación que en tiempo de lluvias se llegan a inundar poniendo en riesgo su patrimonio personal y bienes inmuebles, además de que a futuro esto pueda causar un foco de infección por estar en contacto con los sólidos orgánicos.



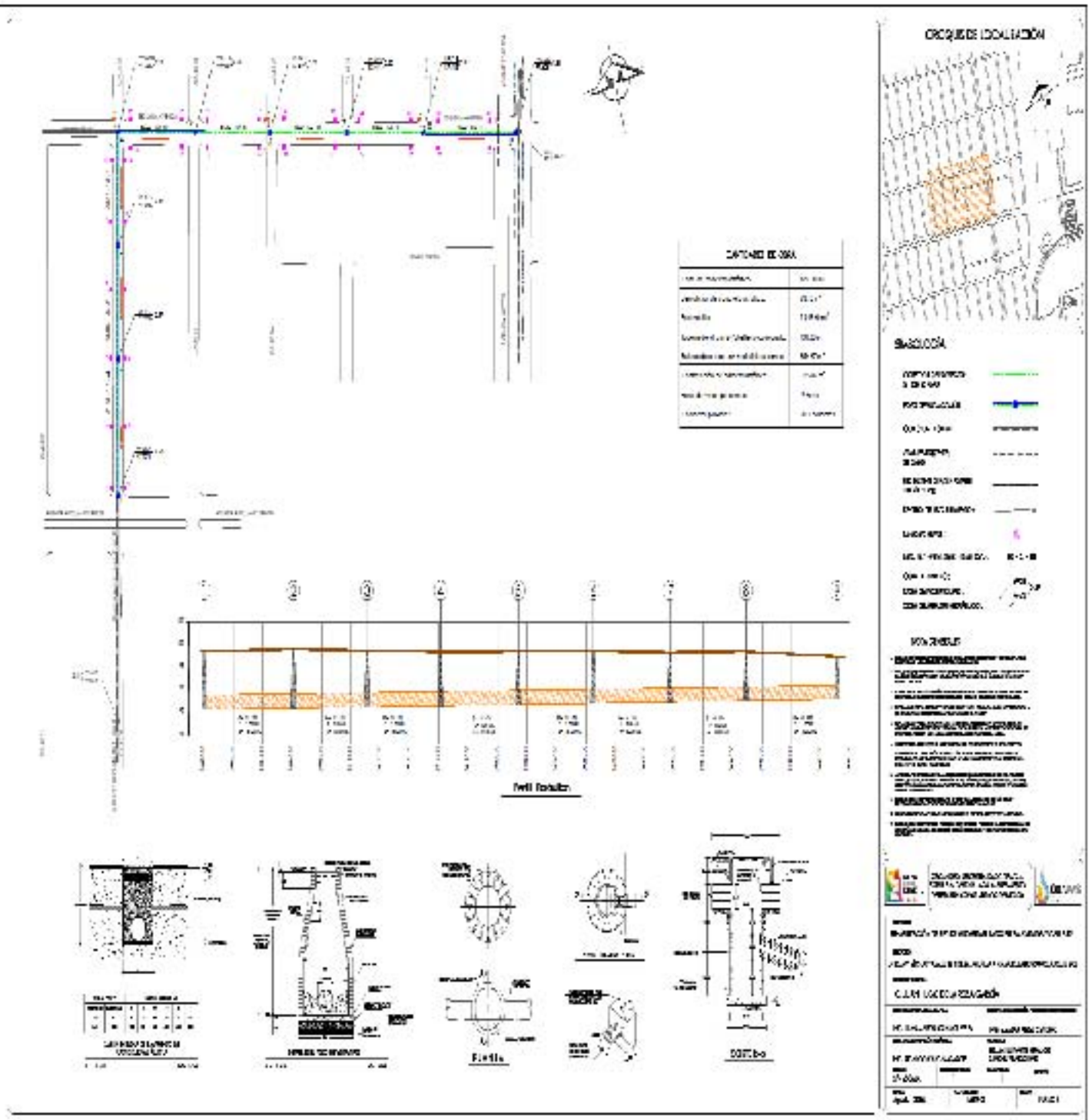
**FOTO (1): Autoría Propia**



**FOTO (2): Autoría Propia**

A continuación, se presenta el plano proyecto de la obra de rehabilitación del sistema de alcantarillado.

## II.-CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE UNA RED DE



## ALCANTARILLADO

Aspectos a considerar en el diseño de alcantarillados considerados en la Norma Oficial Mexicana NOM-002- SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

1.- los límites máximos permisibles para contaminantes de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, no deben ser superiores a los indicados en la tabla 1.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES			
PARÁMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique otra)	Promedio mensual	Promedio Diario	Instantáneo
Gasas y Aceites	50	75	100
Sólidos sedimentables (mililitros por litro)	5	7.5	10
Arsénico Total	0.5	0.75	1
Cadmio Total	0.5	0.75	1
Cianuro Total	1	1.5	2
Cobre Total	10	15	20
Cromo Hexavalente	0.5	0.75	1
Mercurio Total	0.01	0.015	0.02
Níquel Total	4	6	8
Plomo Total	1	1.5	2
Zinc Total	6	9	12

Tabla 1

-Los límites máximos permisibles en la columna de instantáneos son valores de referencia, en el caso de que el valor de análisis exceda el instantáneo, el responsable de la descarga queda obligado a presentar a la autoridad competente en el tiempo y forma que establezca los ordenamientos legales locales, los promedios diario y mensual, así como los análisis de laboratorio y documentos que lo respalden.

-El rango permisible de ph (potencial hidráulico) en las descargas de aguas residuales es de 10 y 5.5 unidades, determinado para cada una de las muestras simples. Las unidades de ph no deberán estar fuera del rango permisible, en ninguna de las muestras.

-El límite máximo permisible de la temperatura es de 40°C, se podrá descargar con temperaturas mayores, siempre y cuando se le demuestre a la autoridad

competente que no se dañe al medio ambiente por medio de un estudio sustentado.

-Los límites máximos permisibles para los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales, que debe cumplir el responsable de la descarga a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

No se deben descargar o depositar en los sistemas de alcantarillado urbano o municipal materiales o residuos considerados peligrosos, conforme a la regularización vigente.

Los valores de los parámetros en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbanos y municipales a que se refiere esta norma se obtendrá del análisis de muestras compuestas, que resulten de las muestras simples, tomadas estas en volúmenes proporcionales al caudal medido en el sitio y en el momento del muestreo, de acuerdo con la tabla 2.

FRECUENCIA DE MUESTREO			
HORAS POR DIA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NÚMERO DE MUESTRAS SIMPLES	INTERVALO MÁXIMO ENTRE TOMAS DE MUESTRAS SIMPLES (HORAS)	
		MÍNIMO	MÁXIMO
Menor que 4	Mínimo 2	-	-
De 4 a 8	4	1	2
Mayor que 8 y hasta 12	4	2	3
Mayor que 12 y hasta 18	6	2	3
Mayor que 18 y hasta 24	6	3	4
Tabla 2			

- Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples debe ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$VMSi = VMC \times \frac{Qi}{Qt}$$

Donde;

VMSi = volumen de cada una de las muestras simples “i”, en litros.

VMC = volumen de la muestra compuesta necesario para realizar la totalidad de los análisis de laboratorio requeridos, en litros.

Qi = caudal medido en la descarga en el momento de tomar la muestra simple, en litros por segundo.

Qt =  $\sum$  (sumatoria) de Qi hasta Qn, en litros por segundo.

- Los responsables de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano y municipal deben cumplir los límites máximos permisibles establecidos en esta norma en las siguientes fechas establecidas en la Tabla 3.

FECHA DE CUMPLIMIENTO A PARTIR DE :	RANGO DE POBLACIÓN
1° de enero de 1999	mayor de 50,000 habitantes
1° de enero de 2004	de 20,001 a 50,000 habitantes
1° de enero de 2009	de 2,501 a 20,000 habitantes

Tabla 3

Los responsables de las descargas tienen la obligación de realizar los análisis técnicos de las descargas de aguas residuales, con la finalidad de determinar el promedio diario, o el promedio mensual analizando los parámetros de la tabla 1 de la presente Norma Oficial Mexicana.

## **II.1 Aspectos a considerar en el diseño de alcantarillados considerados en el “manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: alcantarillado sanitario**

Los sistemas de alcantarillado pueden ser de dos tipos: Convencionales o no convencionales.

**Los sistemas convencionales:** son sistemas de tuberías de grandes diámetros que permiten una gran flexibilidad en la operación del sistema, debida en muchos casos a la incertidumbre en los parámetros que definen el caudal: densidad de poblacional, y su estimación futura, mantenimiento inadecuado o nulo.

Los **sistemas convencionales** de alcantarillado se clasifican en:

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

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

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

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

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

Sistema de alcantarillado por vacío: Consiste en un sistema de tuberías, herméticas, que trabajan con una presión negativa, vacío, de donde son conducidas a un colector que las llevara hasta la planta de tratamiento o a un vertedero.

Este tipo de sistema consta de cuatro elementos principales:

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

- La estación de vacío

Las líneas de gravedad se instalan de 4" o de 6" se instalan generalmente con una pendiente del 2% del edificio hacia la línea colectora, las cuales descargan en un tanque de colector, donde se encuentra la caja de válvula de vacío.

La estación colectora central es el corazón del sistema de drenaje por vacío, la maquinaria instalada es similar a la de una estación convencional de rebombeo.

El equipo principal comprende un tanque colector, bombas de vacío, y bombas de descargas.

Donde las bombas de descarga transfieren las aguas residuales del tanque colector, a través de un emisor, a la planta de tratamiento

**\*El tipo de alcantarillado que se utilizará dependerá de las características de tamaño, topografía y condiciones económicas del proyecto.**

## **II.2.- Consideraciones para el diseño correcto de una red de atarjea**

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

La red está constituida por un conjunto de tuberías por las que son conducidas las aguas residuales captadas.

El ingreso de aguas a estas debe ser paulatinamente a lo largo de la red, lo que puede dar lugar a ampliaciones sucesivas de las secciones de los conductos.

**Para el diseño es importante tener en consideración que las secciones más grandes de los tramos deberán ser al final de la red.**

La red se inicia con la descarga domiciliaria o de albañal (en la actualidad ya se ha estado remplazando el tubo de albañal por PEAD), a partir del parámetro exterior de las edificaciones.

El diámetro de este por lo regular es de 15 cm de diámetro, siendo este el mínimo recomendable, la conexión entre el tubo de albañal y atarjea debe ser hermética y la tubería de interconexión deberá tener una pendiente mínima de 1%.

La red de atarjeas se encuentra localizada generalmente al centro de las calles, y el diámetro mínimo que se utiliza en un sistema de drenaje separado es de 20 cm, y su diseño, en general debe seguir la pendiente natural del terreno.

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, este también tiene la función de ventilación para la eliminación de gases, este deberá



colocarse en todos los cruces, cambios de dirección, cambio de pendiente, cambio de diámetro, y para dividir tramos que exceden la máxima longitud recomendada para las maniobras de limpieza y ventilación.

El trazo de las atarjeas generalmente se realiza coincidiendo con el eje longitudinal de cada calle y de la ubicación de los frentes de los lotes.

a) Trazo en bayoneta

Se denomina así al trazo que iniciando en una cabeza de atarjea tiene un desarrollo en zigzag o en escalera. (Mostrada en la figura 1)

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

En las plantillas de los pozos de visita, las medias cañas utilizadas para el cambio de dirección de las tuberías que confluyen, son independientes con curvatura opuesta, no debiendo tener una diferencia mayor a 0.50 m entre las dos medias cañas.

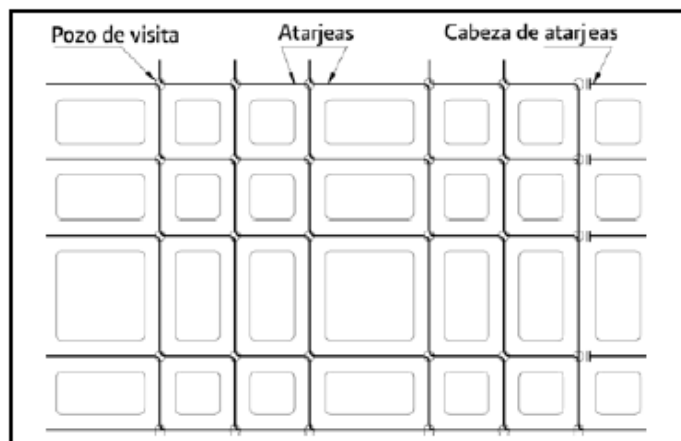


Imagen (1) tomada del Manual de Agua Potable y Alcantarillado

b) Trazo en peine

Se forma cuando hay 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. (Mostrada en la figura 2)

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



Imagen (2) tomada del Manual de Agua Potable y Alcantarillado

c) Trazo combinado

Corresponde a la combinación de los trazos anteriores y a trazos particulares obligados por los accidentes topográficos de la zona. (Mostrada en la figura 3)



Imagen (3) tomada del Manual de Agua Potable y Alcantarillado

El modelo bayoneta tiene cierta ventaja sobre otros modelos, en lo que se refiere al aprovechamiento de la capacidad de las tuberías, **en resumen, se dependerá fundamentalmente de las condiciones topográficas del sitio en estudio.**

### II.3.- Componentes de un sistema de alcantarillado

Una red de alcantarillado sanitario se compone de varios elementos certificados, tales como son: tuberías, conexiones, anillos, y obras accesorias (descargas domiciliarias, pozos de visita, estructuras de caída.

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

- a) Tuberías:** la tubería del alcantarillado se compone de tubos y conexiones, acoplados mediante un sistema de unión hermético, el cual permite la conducción de aguas residuales.

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

**Los materiales más comunes utilizados son: acero, concreto simple, concreto reforzado con revestimiento interior, poliéster reforzado de fibra de vidrio (foto 3), pvc (poli cloruro de vinilo, foto 5), fibrocemento (foto 4), polietileno de alta densidad (PEAD, foto 7).**



FOTO (3): Autoría Propia



FOTO (4): Autoría Propia



FOTO (6): [www.tuberías.mx](http://www.tuberías.mx)



FOTO (7): [www.tuberías.mx](http://www.tuberías.mx)

En los sistemas de alcantarillado a presión, se pueden utilizar diversos tipos de tubería para conducción de agua potable y cuando reúnan las características necesarias para conducir agua potable.

En el manual de agua potable, alcantarillado, y saneamiento de la Comisión Nacional del Agua, se pueden encontrar las diferentes tablas con características de diferentes materiales, para este proyecto se ejemplificarán nada más las de PEAD, que es el material que se utilizará en el proyecto.

MATERIAL	TIPO	NORMA	DIAMETROS NOMINALES mm(in)	SISTEMA DE UNIÓN	LONGITUD ÚTIL (m)
Poliétileno de Alta Densidad	Pared corrugada	NMX-E-021-CNCP	75 A 1500 (3 A 60)	Espiga- campana o cople con anillo de hule	5.60- 6.20
		NMX-E-029-CNCP			
		NMX-E-205-CNCP			
	NMX-E-208-CNCP				
Pared estructurada	ASTM-F-894-06	750 a 3000 (30 a 120)	Por termosión y/o roscafusión	6.10- 12.0	
Pared Sólida	NMX-E-216-SCFI	100 A 900 ( 4 a 48 )	Por termosión y/o electrofusión	6.00- 15.0	

Tabla 4

MATERIAL	TIPO	DIÁMETROS NOMINALES		DIÁMETROS INTERIORES	LONGITUD ÚTIL	CLASIFICACIÓN												Manning (n)
		(mm)	(pulg)			RSC 40			RSC 63			RSC 100			RSC 160			
						Peso mínimo (Kg/m)	Rigidez mínima (Mpa)	Rigidez mínimo (Kg/m)	Peso mínimo (Kg/m)	Rigidez mínima (Mpa)	Rigidez mínimo (Kg/m)	Peso mínimo (Kg/m)	Rigidez mínima (Mpa)	Rigidez mínimo (Kg/m)	Peso mínimo (Kg/m)	Rigidez mínima (Mpa)	Rigidez mínimo (Kg/m)	
Poliétileno de Alta Densidad	Pared Estructurada	750	30"	737	6.10-12.00	41.00	0.054	41.92	0.085	42.84	0.134	44.68	0.212	0.012				
		900	36"	885		49.60	0.045	52.36	0.071	55.11	0.112	60.62	0.178					
		1050	42"	1033		54.37	0.038	61.445	0.061	68.52	0.097	82.67	0.156					
		1200	48"	1181		78.94	0.033	82.665	0.053	86.39	0.085	93.84	0.136					
		1350	54"	1328		80.44	0.029	90.12	0.048	99.80	0.076	119.16	0.122					
		1500	60"	1476		104.26	0.026	119.155	0.043	134.05	0.068	163.84	0.109					
		1680	66"	1623		149.62	0.025	158.96	0.038	168.30	0.062	186.98	0.099					
		1830	72"	1771		204.79	0.023	210.375	0.036	215.96	0.057	227.13	0.092					
		1980	78"	1919		217.92	0.021	225.89	0.033	233.86	0.053	249.80	0.084					
		2130	84"	2066		265.89	0.020	267.00	0.030	268.11	0.048	270.33	0.077					
		2290	90"	2214		277.37	0.018	288.395	0.029	299.42	0.046	321.47	0.074					
		2440	96"	2361		339.35	0.018	344.26	0.026	349.17	0.043	358.99	0.068					
2740	108"	2656	436.87	0.016	452.155	0.024	467.44	0.038	498.01	0.061								
3050	120"	2952	575.89	0.014	592.065	0.022	608.24	0.034	640.59	0.055								

Tabla 5

MATERIAL	TIPO	DÍAMETROS NOMINALES		LONGITUD ÚTIL (m)	CLASIFICACIÓN												Manning (n)
					RD-21			RD-26			RD-32.5			RD-41			
					Díametros interiores (mm)	Peso (kg/m)	Rigidez (Mpa)	Díametros interiores (m)	Peso (kg/m)	Rigidez (Mpa)	Díametros interiores (mm)	Peso (kg/m)	Rigidez (Mpa)	Díametros interiores (mm)	Peso (kg/m)	Rigidez (Mpa)	
Poliétileno de Alta Densidad	Pared Estructurada	(mm)	(øg)	6.00±5.00	151.31	4.07	1.10	154.53	3.34	0.90	157.30	2.68	0.70	159.56	2.14	0.60	0.012
		200	6"		196.95	6.90	1.10	201.19	5.63	0.90	204.80	4.54	0.70	207.77	3.63	0.60	
		250	10"		245.49	10.72	1.10	250.80	8.75	0.90	255.22	7.06	0.70	258.95	5.63	0.60	
		300	12"		291.16	15.08	1.10	297.46	12.31	0.90	302.74	9.93	0.70	307.11	7.93	0.60	
		350	14"		319.68	18.18	1.10	326.62	14.84	0.90	332.38	11.97	0.70	337.24	9.56	0.60	
		400	16"		365.38	23.75	1.10	373.28	20.38	0.90	379.91	15.63	0.70	385.39	12.48	0.60	
		450	18"		411.05	30.06	1.10	419.94	24.53	0.90	427.38	19.79	0.70	433.55	15.80	0.60	
		500	20"		456.74	37.11	1.10	466.60	30.28	0.90	474.88	24.43	0.70	481.71	19.50	0.60	
		550	22"		502.36	44.90	1.10	513.23	36.64	0.90	522.35	29.56	0.70	529.89	23.59	0.60	
		600	24"		548.06	53.44	1.10	559.89	43.60	0.90	569.95	35.18	0.70	578.10	28.08	0.60	
		650	26"		593.73	62.71	1.10	606.55	51.17	0.90	617.32	41.28	0.70	626.26	32.95	0.60	
		700	28"		639.42	72.73	1.10	653.21	59.35	0.90	664.79	47.88	0.70	674.42	38.22	0.60	
750	30"	685.06	83.49	1.10	699.87	68.13	0.90	712.29	54.06	0.70	722.58	43.87	0.60				
900	36"	822.1	120.23	1.10	839.83	98.10	0.90	854.74	79.15	0.70	867.13	63.18	0.60				

Para profundidades mayores a 2 metros o alguna otro método de instalación diferente al enterrado directo.

Tabla 6

También es importante considerar la carga de relleno transmitida al tubo, el diseñador debe considerar la carga axial derivada de las presiones aplicadas durante la instalación y la carga de soporte debida a la cubierta del material de relleno.

El factor de seguridad en la capacidad de la carga axial deberá ser de 3.20, basado en la máxima resistencia del concreto.

**b) Obras accesorias:** Comúnmente son usadas para mantenimiento y operación del sistema de alcantarillado.

**-Descarga domiciliaria:** Es una tubería que permite el desalojo de las aguas servidas del registro domiciliario a la atarjea, anteriormente se le conocía como “albañal exterior”, actualmente como ya vimos no solo es tubo de albañal el que se utiliza.

**Se debe garantizar que la conexión de la descarga con la atarjea sea totalmente hermética.**

**-Pozos de visita:** Son estructuras que permiten la inspección, ventilación y limpieza de la red de alcantarillado, se utiliza para la unión de una o más tuberías y en todos los cambios de dirección y pendiente, así como para las ampliaciones o reparaciones de las tuberías incidentes (de diferente material o tecnología).

Los pozos de visita pueden ser prefabricados o contruidos en el sitio de la obra, estos se clasifican en:

- 1) Pozos de visita de tipo común: Están formados por una chimenea de forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior, están asentados en una plantilla de material base compactada al 95% proctor, con un espesor mínimo de 10 cm (imagen 4).

En terrenos suaves este se construye de concreto armado, la media caña y las banquetas de pozo pueden ser aplanadas con mortero, el acceso a la superficie se protege con un brocal, la media caña debe formar un conducto que continúe el flujo de las tuberías incidentes y cuyos lados formen las

banquetas donde se pararan las personas, este contara con escalones para su fácil descenso y ascenso seguro del personal encargado.

Sus medidas son de diámetro interior de 1.00 m, se utilizan para unir tuberías de 0.76 m de diámetro, con entronques de hasta 0.45 m de diámetro, permitiendo una deflexión máxima en la tubería de 90 grados.

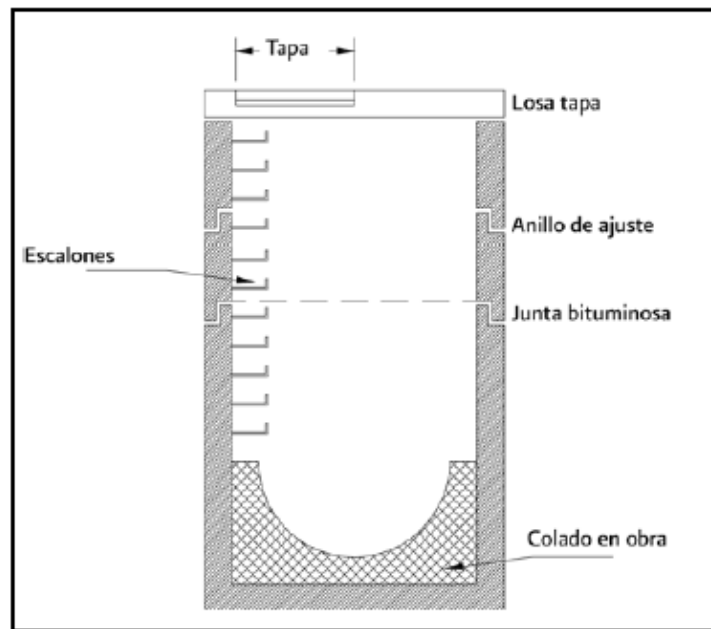


Imagen (4) tomada del Manual de Agua Potable y Alcantarillado

2) Pozos especiales: Estos son de forma similar a los comunes, solo cambian sus dimensiones, la base es de diámetro mayor para albergar tuberías incidentes mayores a 0.76 m.

Los hay de tipo I.- de 1.50 de diámetro interior, se utiliza para tuberías incidentes mayores a 0.76 m y hasta 1.07 m de diámetro nominal, y de 1.80 m de diámetro interior, se utilizan para tuberías incidentes con diámetros para 1.22 m con entronques a 90 grados de tuberías de hasta 0.3 m y permite una deflexión máxima en la tubería de 45 grados.



También los tipos II.- de 2.0 de diámetro interior, se utiliza para tuberías incidentes mayores a 1.50 m con entronques a 90 grados de tuberías de hasta 0.3 m y permite una deflexión máxima en la tubería de 45 grados.

3) Pozos de caja: Están formados por el conjunto de una caja y una chimenea similar a la de los pozos comunes y especiales, la cual al nivel de la superficie termina con un brocal con tapa (imagen 5).

Su sección transversal horizontal tiene forma rectangular o un polígono regular, generalmente a estos últimos se les llama pozos caja unión, estos no permiten deflexiones en las tuberías, sus uniones se dan a 180 grados (en línea recta).

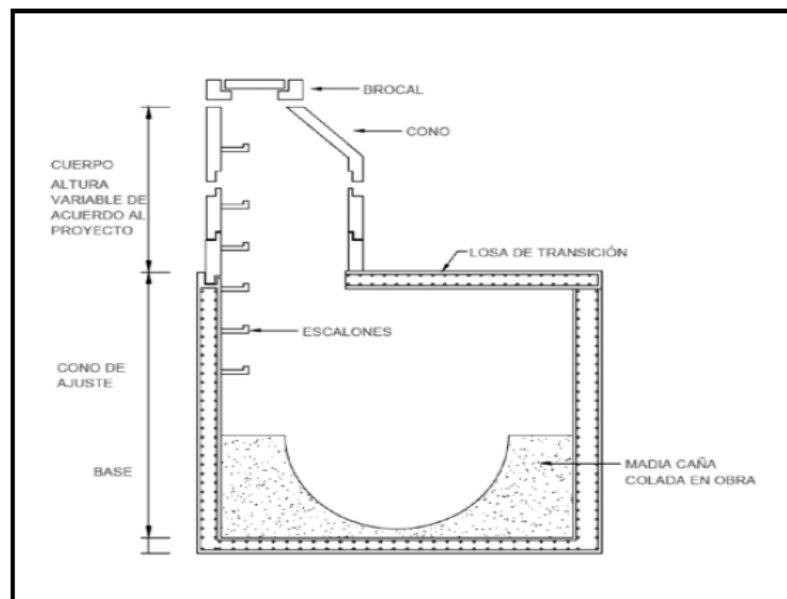


Imagen (5) tomada del Manual de Agua Potable y Alcantarillado

Existen 3 tipos:

Tipo I: Se utiliza en tuberías de hasta 0.75m a 1.10 de diámetro con entronques a 45 grados de tuberías hasta de 0.60 m de diámetro.

Tipo II: Se utiliza en tuberías de 0.76 a 1.22 m de diámetro con entronques a 45 grados hasta de 0.76 m de diámetro, generalmente colados en sitio.

Tipo III: se utiliza en tuberías de 1.50 a 2.44 m de diámetro, con entronques a 45 grados hasta de 0.76 m de diámetro.

4) Pozos tipo caja de deflexión: Se le denomina así a los pozos de caja de sección horizontal en forma de polígono irregular y generalmente son colados en sitio, estos pozos permiten deflexiones en las tuberías.

Existen 3 tipos:

Tipo I: Se utiliza en tuberías de hasta 1.52 m de diámetro con entronques a 45 grados de tuberías hasta de 1.20 m de diámetro.

Tipo II: Se utiliza en tuberías de hasta 2.0 m de diámetro con entronques a 45 grados de tuberías hasta de 1.52 m de diámetro, generalmente colados en sitio.

Tipo III: se utiliza en tuberías de 1.50 a 3.05 de diámetro, estos solo tienen una salida con un ángulo de 45 grados como máximo.

5) Pozo tangencial: Esta formados por un tubo (tee tangencial) de diámetro igual al perímetro principal de la línea de drenaje y el diámetro de acceso, son utilizados con tubería de diámetro desde 90 cm hasta 305 cm, sus estructuras pueden tener una altura desde 1m hasta la altura requerida por el proyecto (imagen 6).

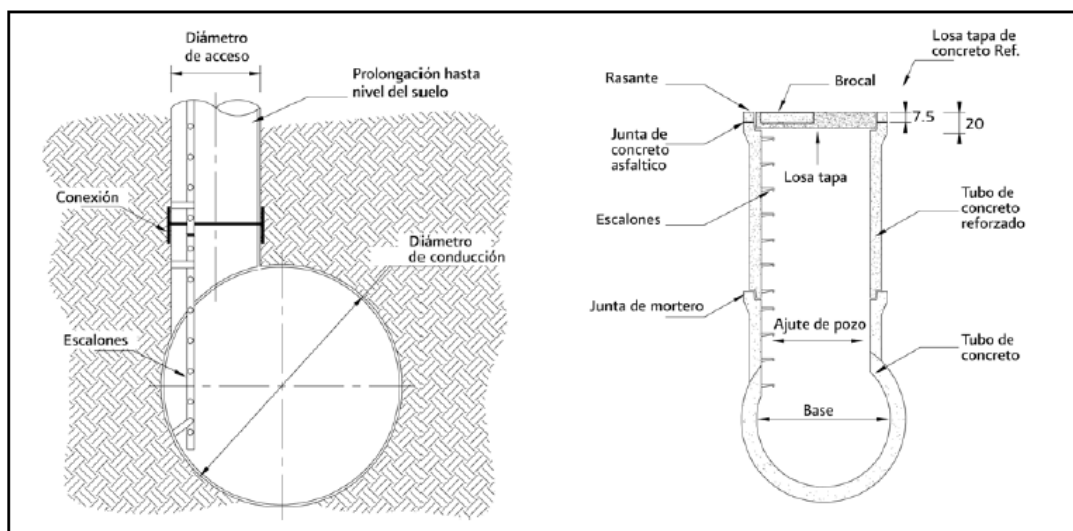


Imagen (6) tomada del Manual de Agua Potable y Alcantarillado

**-Estructura 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:

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

2.- Pozos con caída adosada: Son pozos de visita comunes, a los cuales se les construye una estructura que permite la caída libre en tuberías de 0.20 y 0.25 m de diámetro con un desnivel de hasta 2 m.

3.- Pozos con caída: Son pozos constituidos también por una caja y una chimenea, a los cuales en si interior se les construye una pantalla que funciona como deflector del caudal que cae, se construye para tuberías de 0.30 a 0.76 m de diámetro y con un desnivel hasta de 1.50 m.

4.- 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 se ubica su plantilla de salida, este tipo de emplea con tuberías de 0.90 a 2.50 m de diámetro.

Para el diseño también es importante considerar la información de los siguientes planos:

-Planos topográficos: Se revisa el tamaño de la localidad, así como también las curvas de nivel equidistantes a un metro y elevaciones del terreno.

-Planos de pavimentos y banquetas: Se debe anotar su tipo, estado y conservación, además con la ayuda de un estudio de mecánica de suelos, se puede identificar si existe nivel freático a la profundidad que ubiquemos la tubería, así como la clasificación del tipo de terreno.

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

-Planos de agua potable: Información de las áreas de servicio actual de agua potable y futuras ampliaciones, con sus programas de construcción.

-Planos de uso actual del suelo: Se debe ubicar cada zona habitacional existente con su densidad de población correspondiente, así como zonas comerciales, zonas industriales, zonas públicas y las áreas verdes.

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

-Planos de uso futuro de suelo: Es necesario prever las zonas de desarrollo de la localidad, indicando adicionalmente el tipo de desarrollo que será (comercial, industrial, zona publica o áreas verdes). En el plano deberán localizarse las áreas que ocuparán en un futuro las diferentes zonas habitacionales, con sus nuevas densidades de población, zonas comerciales, zonas industriales, zonas públicas y las áreas verdes.

-Planos de infraestructura adicional existente: Además de los planos de agua potable, se deberán considerar los planos de infraestructura pluvial, sanitario, agua tratada, de comunicaciones (telefonía, fibra óptica, etc.), oleoductos y gasoductos, electricidad, etc.

Otros elementos importantes que se tienen que considerar para el diseño son:

#### **a) Velocidades**

Velocidad mínima: es aquella con la cual no se permiten depósito de sólidos en las atarjeas que provoquen azolves y taponamientos, esta será de 0.3 m/s,

para el gasto mínimo de 1lt / seg, y para comportamiento a tubo lleno mediante el gasto máximo extraordinario 0.6 m/s., adicionalmente debe asegurarse que el tirante calculado bajo estas condiciones tenga un valor mínimo de 1.0 cm, en casos de pendientes fuertes y de 1.5 cm en casos normales.

Velocidad máxima: se le considera el límite superior de diseño, con el cual se trata de evitar erosión de las paredes de la tubería y estructuras de drenaje sanitario.

La velocidad máxima permisible para los diferentes tipos de material que se muestra en la tabla 7, para su revisión se utilizara el gasto máximo extraordinario calculado.

MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)	
	Máxima	Mínima
Acero (sin revestimiento, revestido y galvanizado)	3	0.3
Concreto reforzado	5	
Concreto simple		
Fibrocemeto		
Polietileno de Alta Densidad (PEAD)		
Poli (cloruro de vinilo (PVC)	3	
Poliester reforzado con fibra de vidrio (PRFV)		

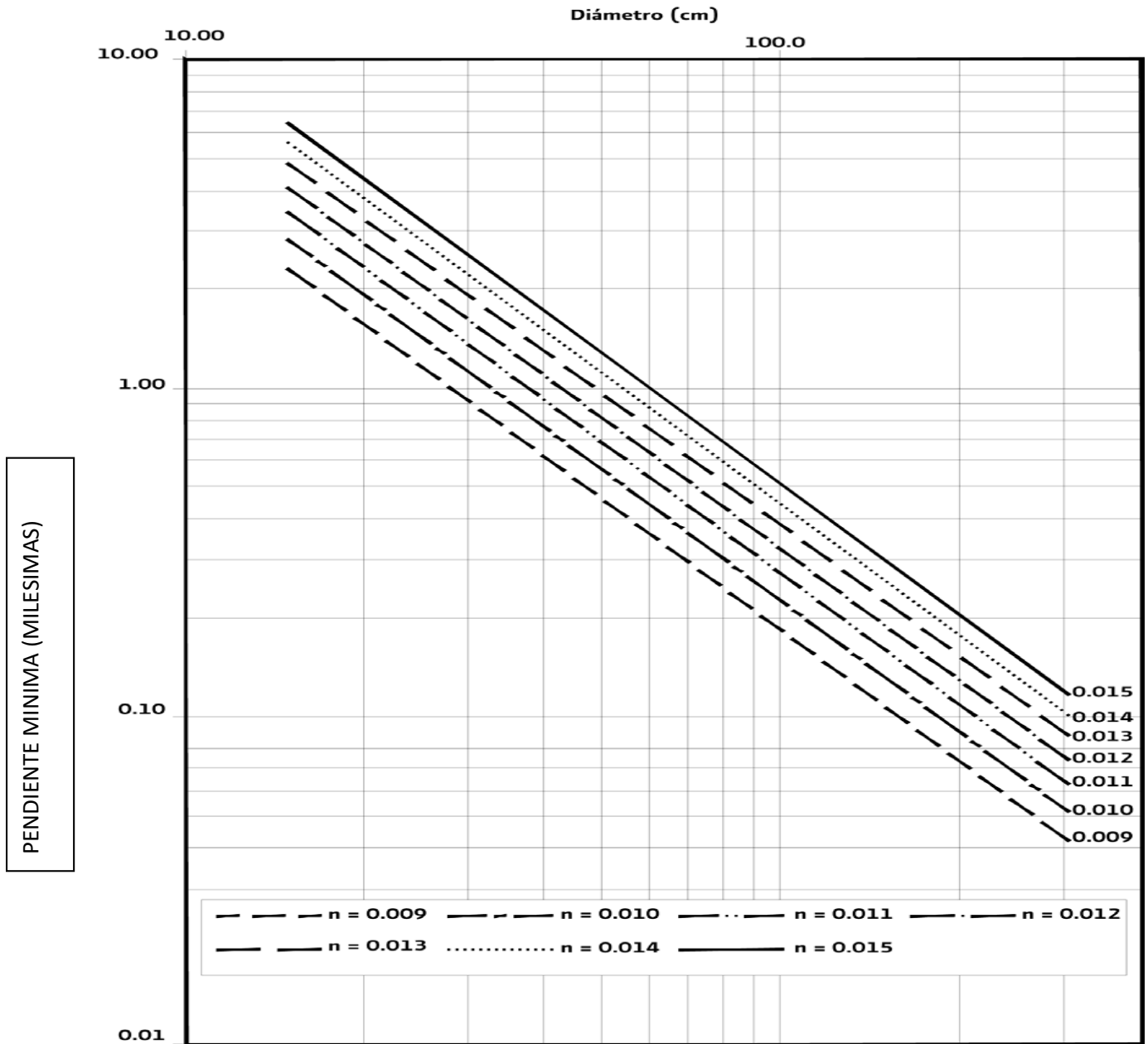
Tabla 7

### b) Pendientes:

Para el caso de pendientes pronunciadas será necesario hacer escalonamiento en el perfil de la línea de drenaje, utilizado tuberías que no sean afectadas por el sulfuro de hidrógeno que se produce en las caídas libres.

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

En la siguiente figura aparecen las pendientes mínimas recomendadas para los diferentes tipos de tuberías.



- Pendiente mínima para  $v = 0.6 \text{ m/s}$  a tubo lleno.

### c) Diámetros

1.- Diámetro mínimo: la experiencia en los sistemas de alcantarillado a través de los años, ha demostrado que, para evitar obstrucciones, el diámetro mínimo de la tubería debe ser de 20 cm (8"), para casos especiales previamente justificados podrá emplearse un diámetro de 15 cm (6").

2.- Diámetro seleccionado: este estará en función de la profundidad de la zanja, velocidades, pendientes, densidad poblacional, etc.

#### **d) Profundidad de zanjas**

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

Normalmente las tuberías de drenaje pluvial se instalan enterradas, para obtener una máxima protección se colocan en zanjas y estas estarán definidas por las siguientes funciones:

- Resistencia de la tubería a cargas exteriores
- Topografía y trazo
- Velocidades máximas y mínimas que a su vez se relacionan con la pendiente.
- Existencia de conductos de otros servicios.
- Economía en las excavaciones

Profundidad mínima: Esta debe ser adecuada para evitar rupturas ocasionadas por las cargas vivas, mediante un colchón mínimo que está en función de la resistencia del tubo, deberá realizarse un análisis para definir el colchón mínimo, considerando, el material de la tubería, tipo de terreno, cargas vivas probables, esta tendrá como mínimo una pendiente geométrica de 10 milésimas (1%), y el registro interior más próximo al parámetro del predio, tenga una profundidad mínima de 60 cm.

Profundidad máxima: Estará en función de la topografía del lugar, evitando excavar demasiado, no deberá crear dificultades constructivas mayores durante la excavación.

En caso de atarjeas se debe determinar con estudio económico comparativo entre el costo de instalación del conducto principal con sus albañales correspondientes, y el de la atarjea o atarjeas laterales, "madrinas", no obstante, la experiencia ha

demostrado que entre 3.00 y 4.00 metros de profundidad, el conducto principal puede recibir directamente los albañales de las descargas y a profundidades mayores, resulta más económico el empleo de atarjeas laterales, como se ve en la imagen 7.

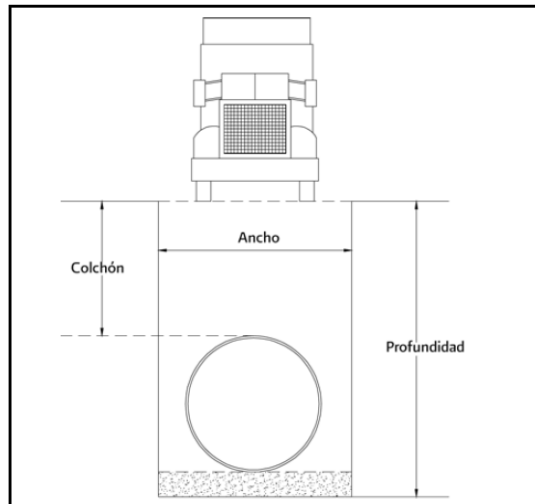


Imagen (7) tomada del Manual de Agua Potable y Alcantarillado

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

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

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

#### e) **Separación entre los pozos de visita**

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

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



- En tramos mayores a 122 cm y menor o igual a 305 cm, 175 m.

Estas separaciones pueden incrementarse de acuerdo a los cruceos de las calles como máximo un 10%.

f) **Cambios de direcciones**

Para los cambios de dirección, las deflexiones necesarias en los diferentes tramos de tubería se efectuarán de la siguiente manera:

- Si el diámetro de la tubería es de 61 cm o menos, los cambios de dirección son de hasta 90 grados, y debe hacerse en un solo pozo común.
- Si el diámetro es mayor de 61 cm y menor o igual a 122 cm, los cambios de dirección son de hasta 45 grados, y debe hacerse un pozo especial.
- Si el diámetro es mayor de 122 cm y menor o igual a 305 cm, los cambios de dirección son hasta 45 grados y debe hacerse en un pozo de caja.

g) **Materiales de relleno.**

Las siguientes tablas agrupan a los materiales de relleno en diferentes categorías, SC1 y SC2 son suelos de relleno más fáciles de usar y precisan menos esfuerzo de compactación para lograr un determinado nivel de compactación relativa.

Independientemente de estas categorías y sin importar si el suelo de relleno es importado o no, se aplican las siguientes restricciones.

- 1.- Para el tamaño máximo de las partículas y rocas se deben respetar los límites establecidos en la tabla 8
- 2.- Los terrones no deberán ser de un tamaño mayor al doble del máximo de las partículas.
- 3.- No se debe utilizar material congelado.
- 4.- No se debe utilizar material orgánico.
- 5.- No se debe utilizar escombros (neumáticos, botella, metales, etc.)

El terreno sobre un tubo puede consistir en material excavado con un máximo de partícula de hasta 300 mm siempre y cuando la cobertura de la tubería sea de 300 mm.

Las rocas mayores de 200 mm no deben ser arrojadas sobre la capa de 300 mm que cubre la clave del tubo desde una altura mayor a 2 metros.

Grupos de suelo de relleno	Descripción de los suelos de relleno
SCI	Rocas trituradas con <15% de arena, un máximo de 25 % que pase por el tamiz de 10 mm, y un máximo de 5% de material fino.
SC2	Suelos limpio de grano grueso con <12% de material fino.
SC3	Suelo de grano grueso con 12% de material fino o más. Suelos arenosos o de grano fino con menos del 70% de material fino.
SC4	Suelos de grano fino con más de 70% de material fino.
Tabla 8	

Tamaño máximo de partículas de relleno	
DN	Tamaño Máximo
≤450	13
500-600	19
700-900	25
1000-1200	32
≥1300	40
Tabla 9	

Los rellenos SC1 y SC2 son relativamente fáciles de usar y muy confiables como material de relleno, tienen baja sensibilidad a la humedad y el relleno se puede compactar fácilmente utilizando placa vibratoria.

El tipo SC3, son materiales sensibles a la humedad, dependen de la fracción fina que los compone, la compactación se puede lograr utilizando un compactador manual de impacto.

El relleno SC4 no se debe usar en fondos inestables o con agua estancada en la zona de la tubería, este requerirá compactación con un pisón neumático (bailarina).

Recomendaciones para la correcta compactación:

Recomendaciones para la compactación de relleno de la zona de tubo			Recomendaciones
Tipo de suelo de relleno	compactador de impacto	compactador de placa vibratoria	
SCI		300mm	Dos pasadas deberían proporcionar una buena compactación.
SC2		200-250 mm	Dos a cuatro pasadas, dependiendo la altura y la densidad requerida.
SC3	100-200 mm		La altura de la capa y el número de pasadas dependen de la densidad necesaria. Usar con contenido óptimo de humedad o niveles cercanos al mismo. Controlar la compactación.
SC4	100-150 mm		Puede requerir una importante energía de compactación. Verificar la compactación.
			Tabla 10

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

#### Pisones manuales

Un pisón manual (imagen 8) puede ser usado para compactar el acostillado, estos no pesan más de 9 kilogramos y la superficie de presión no es mayor a 15 cm, los apisonadores de placa emplean la acción de impacto para forzar al aire y agua a salir de entre las partículas de suelo para consolidarse el relleno.

Debe cuidarse que el apisonador no impacte directamente en el tubo.



Imagen (8) tomada de [www.truper.com](http://www.truper.com)

## Compactadores estáticos

El peso del equipo y las pasadas múltiples sobre el material logran la compactación, los compactadores pata de cabra emplean los tacones de rodillo para concentrar el peso del equipo, estos son adecuados para suelos no cohesivos.

## Compactadores vibratorios

El movimiento vibratorio de los rodillos o placas vibratorias (imagen 9) “sacuden” las partículas de suelo densificando su acomodo; trabajan mejor con suelos no cohesivos, y pueden ser empleados cerca del tubo, dependiendo de su tamaño y peso, teniendo cuidado de no golpearlo directamente.

Las cargas extremadamente altas ocasionadas por vehículos de construcción pesados de entre 30 y 60 toneladas requieren coberturas mínimas de al menos 0.90 m de cobertura sobre el tubo.



Imagen (9) tomada de [www.wacker.com](http://www.wacker.com)

En la tabla 11 se explica la cobertura mínima a diferentes cargas aplicadas.

Cobertura mínima para la compactación sobre el lomo del tubo		
Peso del equipo (kg )	Cobertura mínima del tubo (mm)	
	Impacto	Vibrado
< 50	-	-
50-100	250	150
100-200	350	200
200-500	450	300
500-1000	700	450
1000-2000	900	600

2000-4000	1200	800
4000-8000	1500	1000
8000-12000	1800	1200
12000-18000	2200	1500
Tabla 11		

**h) Aspectos a considerar para la carpeta asfáltica, riego de liga y riego de impregnación.**

El riego de liga consiste en la aplicación de un material asfáltico, sobre una capa de material pétreo como la base del pavimento, con el objeto de impermeabilizarla y favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica, el material asfáltico que se utiliza normalmente es una emulsión, ya sea de rompimiento lento o especial para impregnación o bien un asfalto rebajado.

<b>CARACTERÍSTICAS SEGÚN LA NORMA SCT N-CMT-4-05-001/06</b>		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>NORMA</b>	<b>METODO</b>
VISCOSIDAD SAYBOLT-FUROL 50 °C, SEG, MIN.	5	M-MMP-4-05-012
CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTÍCO EN MASA; %, MIN.	60	M-MMP-4-05-004
ASENTAMIENTO EN 5 DIAS, DIFERENCIA EN % MÁXIMO.	10	M-MMP-4-05-013
RETENIDO EN MALLA No. 20, MÁXIMO	0.1	M-MMP-4-05-014
CARGA DE LA PARTÍCULA	(+)	M-MMP-4-05-017
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION:		
PENETRACIÓN A 25 °C, 100 G5SEG, 10 MM	100-250	M-MMP-4-05-006
DUCTILIDAD A 25 °C, CM, MÍNIMO	40	M-MMP-4-05-011
TABLA 12		

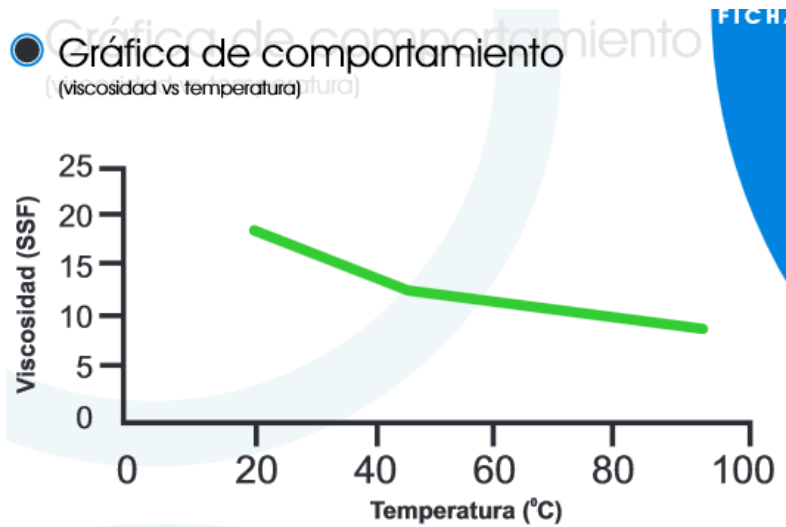


Imagen (10) tomada de manual de SCT

En la anterior grafica se explica el comportamiento en una tabla de viscosidad-temperatura

### TIPO DE EMULSIONES ASFÁLTICAS

- **De rompimiento rápido.** Generalmente se utilizan para riegos de liga y carpetas por el sistema de riegos, a excepción de la emulsión ECR-60, que no se debe utilizar en la elaboración de estas últimas.
- **De rompimiento medio.** Normalmente se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta, especialmente cuando el contenido de finos en la mezcla es menor o igual a dos por ciento, así como en trabajos de conservación tales como bacheos, renivelaciones y sobrecarpetas.
- **De rompimiento lento.** Comúnmente se utilizan para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta y para estabilizaciones asfálticas.

### CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO ASFÁLTICO:

#### NORMAS DE CALIDAD Y ESPESORES MÍNIMOS

-8cm para la carpeta de concreto asfáltico o 10 cm para cualquier otra capa.

-15cm para la capa de base si la carpeta es de riego de sello.

## COMPONENTES QUÍMICOS DEL ASFALTO

-El asfalto está compuesto por varios hidrocarburos con combinaciones moleculares de hidrógeno, carbono, algunas trazas de azufre, nitrógeno y otros elementos. El asfalto cuando es disuelto en un solvente como el heptano puede separarse en dos partes principales asfáltenos y máltenos,

Dentro de las propiedades físicas del asfalto, de mayor importancia para el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras son: durabilidad, adhesión, susceptibilidad a la temperatura, envejecimiento y endurecimiento.

-Mezcla asfáltica de granulometría densa -

Según el método utilizado en el diseño, la mezcla asfáltica cumplirá con los requisitos de calidad señalados a continuación:

Las mezclas asfálticas diseñadas mediante el procedimiento descrito en el manual M-MMP-4-05-031, Método Marshall para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa, de acuerdo con el tránsito esperado en términos del número de ejes equivalentes de ocho coma dos (8,2) toneladas, acumulados durante la vida útil del pavimento ( $\Sigma L$ ), cumplirán con los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 13 y con el porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VAM) indicado en la Tabla 14 de esta Norma, en función del tamaño nominal del material pétreo utilizado en la mezcla.

REQUISITOS DE CALIDAD PARA MEZCLAS DE GRANULOMETRÍA DENSA, DISEÑADAS MEDIANTE EL METODO MARSHALL		
CARACTERÍSTICAS	NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO $\Sigma L$ (1)	
	$\Sigma L \leq 10^6$	$10^6 < \Sigma L \leq 10^7$ (2)
Compactación: número de golpes en cada cara de la probeta.	50	75
Estabilidad; N (lb), mínimo.	5340 ( 1200)	8000 ( 1800 )
Flujo ; mm ( $10^{-2}$ in )	2-4 ( 8-16 )	2- 3.5 ( 8-14 )
Vacíos de la mezcla asfáltica VMC); %	3-5	3-5
Vacíos ocupados por el asfalto (VFA); %	65- 78	65 -75
(1) $\Sigma L$ = Número de ejes equivalentes de 8,2 t (ESAL) esperado durante la vida útil del pavimento.		
(2) Para tránsitos mayores de $10^7$ ejes equivalentes de 8,2 t, se requiere un diseño especial de la mezcla.		
Tabla 13		

VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL (VAM) PARA MEZCLAS DE GRANULOMETRÍA DENSA, DISEÑADAS MEDIANTE METODO MARSHALL.				
Tamaño nominal del material pétreo utilizado en la mezcla (1)		Vacíos en la Mezcla asfáltica (VMC) de diseño (%)		
		3	4	5
( mm)	Designación	Vacíos en el agregado mineral (VAM) % mínimo		
9.5	3/8"	14	15	16
12.5	1/2"	13	14	15
19	3/4"	12	13	14
25	1"	11	12	13
37.5	1 1/2"	10	11	12
(1) El tamaño nominal corresponde al indicado en la Cláusula D. de la Norma N-CMT-4-04, Materiales Pétreos para mezclas Asfálticas, para el tipo y granulometría del material pétreo utilizado en la mezcla.				
Tabla 14				

REQUISITOS DE CALIDAD PARA MEZCLAS DE GRANULOMETRÍA DENSA, DISEÑADAS MEDIANTE EL METODO MARSHALL		
CARACTERÍSTICAS	NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO $\sum L$ <sup>(1)</sup>	
	$\sum L \leq 10^6$	$10^6 < \sum L \leq 10^7$ <sup>(2)</sup>
Valor de estabilidad (R), mínimo	36	37
Expansión; mm (in), máximo	0.762 (0.03)	
(1) $\sum L$ = Número de ejes equivalentes de 8,2 t (ESAL) esperado durante la vida útil del pavimento.		
(2) Para tránsitos mayores de $10^7$ ejes equivalentes de 8,2 t, se requiere un diseño especial de la mezcla.		
Tabla 15		

TEMPERATURAS DE MEZCLADO PARA MEZCLAS EN CALIENTE	
Clasificación del cemento asfáltico	Temperatura de mezclado °C
AC-5	120-145
AC-10	120-155
AC-20	130-160
AC-30	130-165
Tabla 16	



## **II.4 “Metodología general para diseño hidráulico”**

### **1.- PLANEACION GENERAL**

Se definen las mejores rutas de trazo de colectores, interceptores y emisores, considerando la conveniencia técnico- económica, es recomendable realizar estos trabajos en planos a escala 1: 10,000.

La circulación del agua en la red de atarjeas, colectores e interceptores debe ser por gravedad, sin presión, en el caso de que existan localidades con zonas topográficas planas, la circulación en los colectores e interceptores también deberá ser por gravedad, en esta etapa del proyecto es necesario calcular de forma general los gastos de proyecto de la red de alcantarillado, y contar con una visión general del drenaje natural que tiene el área de proyecto basándose en el plano topográfico.

### **2.- DEFINICION DE AREAS DE PROYECTO**

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

### **3.- SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE**

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

### **4.- REVISIÓN HIDRAULICA DE LA RED EXISTENTE**

Los resultados anteriores se utilizan para analizar la red de atarjeas y en caso necesario se modifica o adiciona otra alternativa hasta se presente la mejor solución técnica y económica.

## 5.- PROYECTO

El primer paso del proyecto es efectuar el trazo de la red de atarjeas, se analizarán las alternativas de trazo y combinaciones que sean necesarias, de acuerdo a las condiciones particulares de la zona que se estudie, con el objeto de seleccionar la alternativa de la mejor combinación técnica y económica.

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

Deben de colocarse los pozos de visita en todos los entronques, en donde haya cambios de dirección o e pendiente de la tubería, en el caso de longitudes muy grandes se colocarán pozos intermedios.

## 6.- RED DE ATARJEAS

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

Para determinar los gastos de diseño se deben seguir los siguientes pasos:

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

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

La selección del diámetro se hará aprovechando al máximo la capacidad hidráulica del tubo trabajando a superficie libre, no deberá ser menor al diámetro del tramo anterior y deberá satisfacer todas las limitantes antes mencionadas.

- Una vez seleccionado el material, clase, diámetro y pendiente del tramo, se calcula la velocidad y el gasto a tubo lleno.
- Con el gasto mínimo y el gasto máximo previsto se calculan las variables hidráulicas a tubo parcialmente lleno
- Con la relación de gasto mínimo entre gasto a tubo lleno la tabla de elementos hidráulicos de sección circular, se obtiene la relación del tirante de diámetro.
- Con la relación de gasto máximo extraordinario entre gasto a tubo lleno con la ayuda de la tabla de elementos hidráulicos de sección circular, se obtiene la relación del tirante al diámetro.
- La relación del tirante al diámetro se multiplica por el diámetro y se obtiene el tirante hidráulico  $d$  para cada caso.
- Con las fórmulas antes mencionadas se calculan las variables hidráulicas, **ángulo, radio hidráulico y área a tubo parcialmente lleno** para cada caso.
- Con las variables hidráulicas a tubo parcialmente lleno, calculadas en el paso anterior y con la ecuación de **manning** se calcula la velocidad a tubo parcialmente lleno para cada caso.

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

## 7.- COLECTORES E INTERCEPTORES

Su función es reunir el agua recolectada por los subcolectores y llevarla hasta el punto de salida de la red e inicio del emisor.

Par el diseño se realiza de forma análoga al de la red de atarjeas, se obtienen los gastos de diseño de cada tramo de los colectores e interceptores, y se calculan los diámetros, pendientes y elevaciones de plantilla de la tubería tramo por tramo.

## 8.- EMISORES

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

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

Los canales a cielo abierto solo se pueden utilizar para transportar caudales de aguas residuales con un tratamiento primario, secundario o terciario.

La metodología para el diseño hidráulico es la misma que se emplea para el diseño hidráulico de colectores e interceptores, debiéndose teniendo en cuenta lo siguiente:

- a) Cuando el emisor conduce el caudal de aguas residuales, de la red de atarjeas a la planta de tratamiento. El gasto de diseño del emisor será el gasto mínimo y el gasto máximo extraordinario de su área de influencia, calculado según las formulas antes mencionadas.
- b) Cuando el emisor conduce el caudal de aguas tratadas de la planta de tratamiento a la descarga.

El gasto de diseño del emisor será el gasto mínimo y el gasto máximo instantáneo, del área de influencia que drene a la planta de tratamiento.

Para el diseño de tubería a presión, se recomienda utilizar la fórmula de **Darcy-Weisbach**.

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

*Donde:*

hf= Pérdida de energía debida a la fricción, en metros.

f=Factor adimensional de Darcy, adimensional. (Relacionado al número de Reynolds)

L= Longitud de la tubería, en metros.

D= Diámetro de la tubería, en metros.

V= Velocidad media del fluido en m/s<sup>2</sup>.

g= Aceleración de la gravedad 9.81 m/s<sup>2</sup>.

### III.- CONSTRUCCIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Para el buen funcionamiento de un sistema de alcantarillado sanitario, no basta un buen diseño de la red, es necesario considerar aspectos importantes durante su construcción y operación.

En este capítulo se describirá de forma detallada los objetivos del proyecto en materia constructiva y operativa, analizaremos los procedimientos de instalación y a su vez el catálogo de conceptos empleado en este proyecto.

#### 1.- Trazo y nivelación con equipo topográfico, estableciendo ejes de referencia y bancos de nivel, incluye materiales, cuadrilla de topografía, equipo y herramienta.

Es el trabajo necesario previo y durante la construcción de una obra, para definir puntos, distancias, ángulos y cotas que serán marcados por la contratista (foto 8), partiendo de los planos del proyecto y datos que le fueran suministrados, siendo de su totalidad responsabilidad la localización general, alineamientos y niveles que se fijen para la iniciación de la obra.

Como el catalogo lo indica, se requiere la mejor precisión posible, por eso se hará uso de equipo topográfico (estación total) y nivel fijo.

El trazo y nivelación se mide por metro cuadrado ( $m^2$ ) con aproximación a la unidad en redes de agua potable, se considera el área de la proyección marcada en anchos mínimos (foto 9).



FOTO (8): Autoría Propia



FOTO (9): Autoría Propia

**2.- Corte de concreto asfáltico con cortadora de piso y disco, incluye: trazo, mano de obra, equipo y herramienta.**

El corte de pavimento asfáltico (foto 10 y 11) deberá ejecutarse con una cortadora de disco, como se indica en el proyecto, debiendo ser vertical hasta una profundidad necesaria, la unidad de medida será el metro lineal (ml).

Este corte es necesario para poder retirar la carpeta asfáltica, el corte ayuda a solo fracturar la parte del pavimento que vamos a retirar y no dañar el área donde no vamos a trabajar.



FOTO (10): Autoría Propia



FOTO (11): Autoría Propia

**3.- Demolición por medios mecánicos de pavimento a base de concreto asfáltico, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.**

Se entenderá por demolición de pavimentos, al conjunto de operaciones que deberá realizar la empresa para romper y remover los pavimentos, previamente a la excavación de cepas, se procurará en todos los casos no perjudicar el pavimento restante, ni causar molestias a la población (foto 12 y 13).

La demolición de pavimentos será medida para fines de estimación y pago en (m<sup>3</sup>), para en número de m<sup>3</sup> que se consideraran será el que resulte de multiplicar el ancho señalado en el proyecto por la longitud y espesor de la misma.

Como lo indica el catalogo, esta demolición se efectuará con una retroexcavadora.



FOTO (12): Autoría Propia



FOTO (13): Autoría Propia

**4.- Excavación por medios mecánicos para formación de zanjas en terreno saturado, en zona “b”, clase ii de 0.00 a 2.00 m de profundidad, con extracción a borde de zanja, medido en banco, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.**

Se entenderá por excavación de cepas las que se realice de acuerdo con el proyecto para alojar las tuberías de las redes de alcantarillado, incluyendo las operaciones necesarias para amacizar, afinar y limpiar la plantilla y taludes de la misma.

Consiste principalmente en la remoción del material producto de la excavación que se colocará a un lado de la cepa, se dejará libre un pasillo entre la excavación y el pie de bordo dejado por dicho material, disponiéndolo en forma que no interfiera con el desarrollo normal de los trabajos, y si es posible se hará la carga a camión directamente como se ve en las siguientes fotografías.



FOTO (14): Autoría Propia

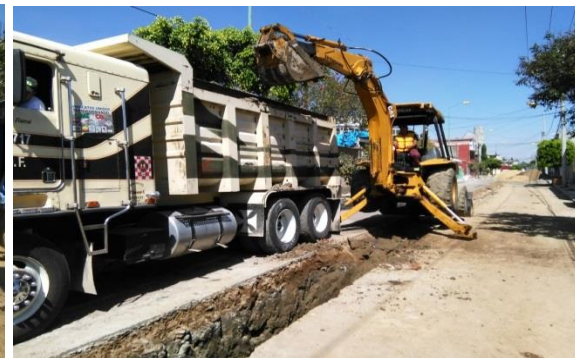


FOTO (15): Autoría Propia



Las dimensiones de las excavaciones que formaran las cepas varían en función del diámetro de las tuberías que quedan alojadas en ellas como señale el proyecto o la especificación del mismo, estas deberán ser lo suficientemente anchas para facilitar los trabajos alrededor del tubo y con la profundidad necesaria para formar un colchón de relleno y dar protección al tubo contra cargas pesadas y tránsito de vehículos.

Las superficies de las excavaciones deberán ser afinadas en tal forma que cualquier punto de ellas no sobresalga más de lo que indique el proyecto, el fondo de la excavación deberá afinarse minuciosamente para que la tubería que se instale sobre el mismo, quede a la profundidad y con la pendiente señalada en el proyecto.

Cuando a juicio de un laboratorio el terreno que constituya el fondo de la cepa sea poco resistente o inestable, el organismo ordenará que se profundice la excavación hasta encontrar un terreno adecuado. El material inestable deberá ser removido y remplazado por relleno compactado o por una plantilla de arena o grava de tezontle u otro material adecuado, será firmemente apisonado hasta darle una compactación que asegure el apoyo continuo y uniforme al tubo, este deberá ser verificado por dicho laboratorio.

Cuando el tipo de material de la excavación sea tal que no permita paramentos verticales, se formaran taludes o bien se colocaran ademes.

Las excavaciones de cepas serán medidas en metros cúbicos (m<sup>3</sup>), las excavaciones fuera de las líneas y niveles del proyecto serán consideradas sobreexcavaciones.

Una sobreexcavación se define como toda excavación realizada fuera de las líneas y niveles mostrados en los planos de proyecto y sus especificaciones, por lo regular no se pagan y la contratista será responsable de rellenar estas a su costo, compactando debidamente el material de relleno que se le ordene usar como remplazo para dar la sección del proyecto.

La excavación de cepas deberá ejecutarse en seco, hasta alcanzar el nivel de desplante de las tuberías, por lo que se procurará mantener las excavaciones drenadas aprovechando los desniveles del terreno.

Si las condiciones del terreno no permitieran el desagüe de la excavación por gravedad, se podrá hacer uso de bombas para mantenerla en seco hasta terminar de colocar y probar las tuberías (foto 16 y 17).



FOTO (16): Autoría Propia



FOTO (17): Autoría Propia

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

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

El apuntalamiento consiste en colocar un par de tablas verticales dispuestas sobre los lados opuestos de la zanja, con dos polines que se fijan, este procedimiento se emplea en zanjas poco profundas como se observa en las fotos 18 y 19.



FOTO (18): Autoría Propia



FOTO (19): Autoría Propia

Los ademes son sistemas de tablas de madera que se colocan en contacto con las paredes de la zanja, para lograr su estabilidad se utilizan polines de madera que se colocan de manera transversal de un lado a otro de la zanja, y barrotes de madera para transferir la carga ejercida sobre las tablas del revestimiento a los polines.

El sistema de tablestacado ofrece protección de zanjas mejor terminado, pero es el más costoso, puede ser de madera o acero y se utiliza en excavaciones poco profundas y en terrenos blandos y donde se prevé que puede haber agua subterránea, en este se utilizan los mismos elementos que los sistemas antes mencionados, pero colocados uniformemente a lo largo de la zanja, las tablaestacas de acero se utilizan comúnmente en obras de mayor magnitud, puesto que son más resistentes y permeables, además que es más fácil reutilizarlas.

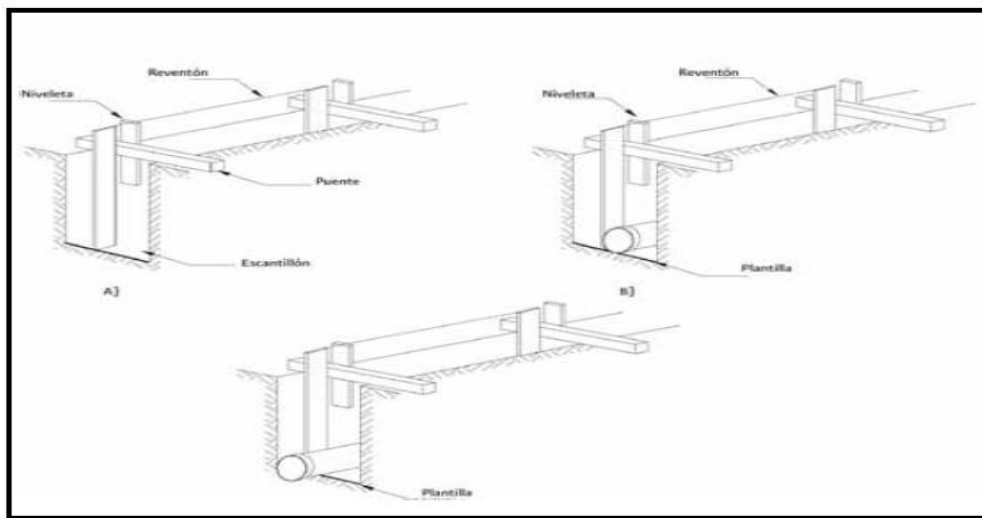


Imagen (11) tomada de manual de Agua Potable y Alcantarillado.

MATERIAL	TIPO	DIÁMETROS NOMINALES		ANCHO DE ZANJA MÍNIMA	PLANTILLA MÍNIMA	COLCHON MÍNIMO
		(cm)	(in)			
Poliétileno de Alta Densidad	Pared Estructurada	76	3	53	10	50
		10	4	53	10	50
		15	6	58	10	50
		20	8	63	10	50
		25	10	71	10	50
		30	12	79	10	50
		37	15	86	10	50
		45	18	99	10	50
		60	24	122	10	50
		75	30	168	10	50
		90	36	198	10	50
		105	42	211	10	50
		120	48	226	10	70
		150	60	259	10	70

Tabla 17

**5.- Achique con bomba autocebante de 6" y 8hp, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.**

Son las instalaciones y procedimientos que se requiere para desalojar el agua del lugar donde se realicen los trabajos de construcción para que estos se ejecuten en seco, ya sea por trabajar con una tubería activa o, para mantener el nivel freático controlado

El bombeo se medirá usando como unidad la hora (hr) de bombeo efectivo para el correspondiente diámetro de la bomba (foto 20 y 21).



FOTO (20): Autoría Propia



FOTO (21): Autoría Propia

**6.- Afine manual de fondo de excavación en material “b” saturado, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.**

El afine y limpieza de fondo de la excavación se deberá realizar poco antes de la colocación de la tubería, se colocará en la rasante como se muestra en la foto 22.

El afine de fondo se cobrará en m<sup>2</sup>, será el ancho de la zanja y la longitud del proyecto.



FOTO (22): Autoría Propia

**7.- Plantilla de material de banco (tezontle) apisonada con pisón, en cepas para tubería, incluye: suministro de materiales, mano de obra, equipo y herramienta.**

La plantilla o cama consiste en un piso de material en este caso tezontle sobre el fondo de la zanja que previamente ha sido arreglado con la concavidad necesaria para ajustarse a la superficie externa interior de la tubería.

Debe proporcionarse un encamado estable y uniforme al tubo, para suelos clase III, el encamado debe ser compactado dejando una franja central igual a un tercio del diámetro exterior del tubo. Comúnmente se emplean encamados de 10 cm de espesor.

En fondos de zanjas excavados en roca debe colocarse encamados de 15 cm de espesor. Materiales de la clase I, II y III son apropiados para utilizarse como encamado.

La plantilla se cobrará en  $m^3$ , será el ancho de la franja, por la longitud y el espesor de esta (foto 23 y 24).



FOTO (23): Autoría Propia



FOTO (24): Autoría Propia

**8.- Suministro y aplicación de tubería sanitaria de polietileno corrugado de alta densidad (pead) de 61 cm de diámetro. Incluye acarreo libre horizontal y vertical, traslados foráneos y locales, suministro de la tubería, cortes,**

**mermas, colocación, nivelación, maniobras, pruebas, material, herramienta, equipo y mano de obra.**

La instalación de un sistema de alcantarillado sanitario debe realizarse comenzando de la parte baja hacia la parte alta; por facilidad de instalación, las campanas deben colocarse siempre en dirección aguas arriba.

El sistema se puede poner en funcionamiento de acuerdo a su avance constructivo, cuando se interrumpa la instalación de las tuberías deben colocarse tapones en los extremos ya instalados, para evitar la entrada de agentes extraños (agua, tierra, etc.) a la misma.

El tipo de acoplamiento o junteo de la tubería, dependerá del tipo de material elegido, de acuerdo a la técnica de instalación.

Antes de la instalación de deben limpiar las campanas, espigas y anillos de hule de los tubos a acoplar (foto 25), estos últimos también tendrán que estar debidamente lubricados. (Figura A y B)

Se colocará la tubería dentro de la zanja sobre la plantilla con el equipo y herramienta necesarios, en todo momento evitando que sufra de esfuerzos de flexión y aplastamiento.



FOTO (25): Autoría Propia

Posteriormente se introducen dos anillos de hule en el lado contrario a la campana del tramo de tubería de 6 m, y con ayuda mecánica (retroexcavadora o montacargas

de palanca) se amarra con tramos de cadena o cable de acero el otro extremo y se empuja para poder ensamblarse con la campana que recibirá el tubo o alguna pieza especial. (Figura C, D, E, F, G, H)

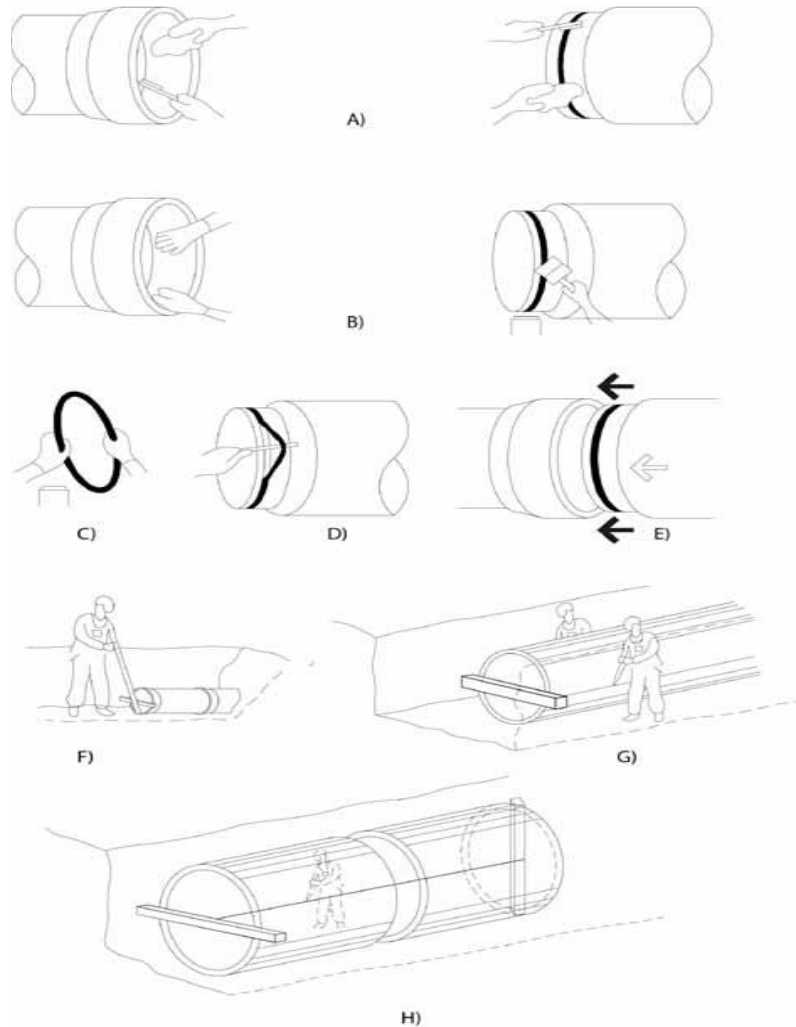


Imagen (12) tomada de manual de Agua Potable y Alcantarillado.

Al instalar la tubería deberá alinearse tanto vertical y horizontalmente (foto 26 y 27) de acuerdo con los datos del proyecto con la ayuda de equipo topográfico, el deslineamiento máximo en juntas es de  $1.0^{\circ}$  como máximo para drenajes sanitarios, dejándose apoyada en toda su longitud, no se permitirá colocar los tramos de tubería apoyados sobre piedras, calzas de madera o soportes provisionales de cualquier otra índole.



Cuando se traten de tuberías que requieran anillos de sello, estos podrán ser de hule natural o sintético, o bien del material del suministrado por el fabricante de la tubería, que asegure la hermeticidad de la junta de forma permanente.

Las tuberías de concreto y PEAD, accesorios, dispositivos y mecanismos de diversa índole que deba suministrar la empresa para la instalación, deberá tener las características señaladas en el proyecto, ser de primera calidad, nuevos y sometidos a previa inspección y aprobación antes de su instalación.

El almacenamiento y manejo en el lugar de la obra se hará de tal manera, que la tubería no sufra daños; durante la carga y la descarga de las tuberías y piezas especiales por parte del constructor, las piezas defectuosas se deberán retirar y no deberán ser empleadas en ninguna obra

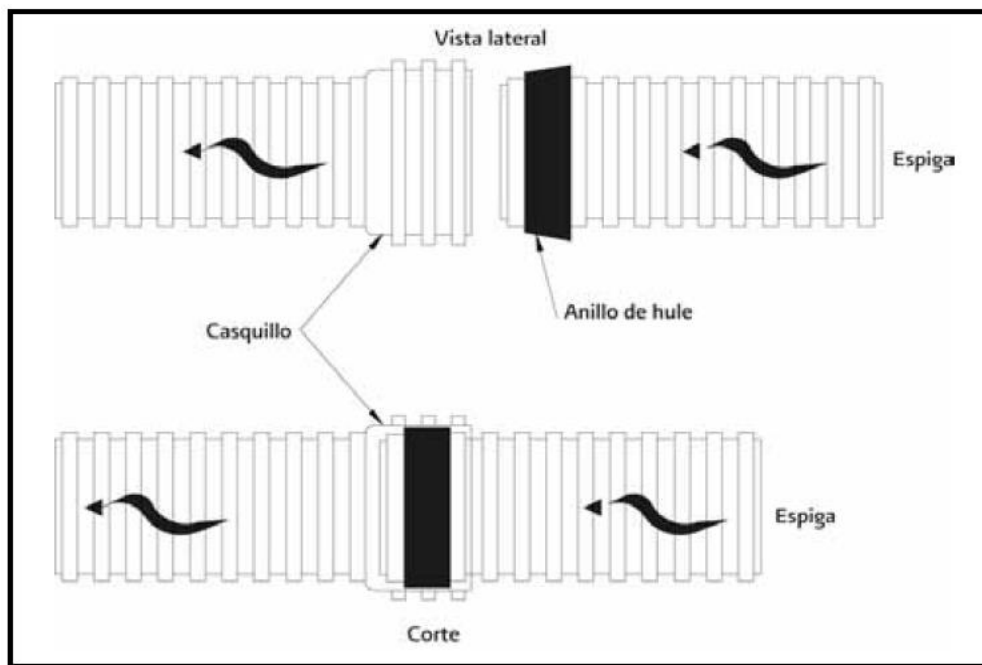


Imagen (13) tomada de manual de Agua Potable y Alcantarillado.

Las pruebas utilizadas para su buen funcionamiento serán las siguientes:

a) Permeabilidad:

Esta prueba se hará en todos los casos en que no se tenga la prueba accidental que se mencionará en el siguiente inciso. Consiste en vaciar en el pozo de visita aguas arriba del tramo por probar, el contenido de agua de

una pipa de cinco metros cúbicos, dejando correr el agua libremente a través del tramo de tubería por probar en el pozo situado aguas abajo, se instalará una bomba a fin de limitar la altura del tirante de agua, esta prueba hidrostática tiene por objetivo determinar si la parte inferior de las juntas se retoco debidamente con mortero, esta prueba deberá hacerse antes de rellenar las zanjas.

Si el junto causa defectos en esta prueba, la empresa procederá a la reparación inmediata de las juntas defectuosas y repetirá la prueba hidrostática hasta que la misma acuse un junteo correcto.

- b) Prueba hidrostática accidental: esta prueba consistirá en dar a la parte más baja de la tubería, una carga de agua provisional con relleno producto de excavación, en la parte central de los tubos y dejando totalmente libres las juntas de los mismos.

Si el junto esta defectuoso y las juntas acusan fugas, la empresa procederá a descargar la tubería y rehacer las juntas defectuosas, repetirá la prueba hidrostática hasta que no las haya.

Esta prueba se hará únicamente en los casos de que el organismo tenga sospechas fundadas de que existen defectos en el junto de los tubos de alcantarillado.

Salvo en los casos especiales que señale el contrato, la fabricación, colocación de tubos y piezas especiales se podrá medir empleando las siguientes unidades: por metro lineal (ml) de tubería y por unidad para las piezas especiales.

Los requerimientos de hermeticidad de las instalaciones están regulados por normas oficiales, la Norma Oficial Mexicana NOM-001-CONAGUA-1995 específica que se debe mantener una presión de aire de 0.3 Kg/cm<sup>2</sup> a lo largo de un tramo de tubo durante un periodo determinado de acuerdo con el diámetro del tubo, con una caída máxima de presión de 0.07 Kg/cm<sup>2</sup>.

A pesar de que los diámetros listados en la norma solo incluyen hasta 24", 630mm.



FOTO (26): Autoría Propia



FOTO (27): Autoría Propia

**9.- Relleno de cepas con material de banco tepetate, adicionando agua, compactado al 90 % de su prueba proctor, en capas de 20 cm. incluye: suministro de materiales, mano de obra, equipo y herramienta.**

En la instalación de las tuberías plásticas de PEAD, el material del acostillado y de relleno requiere de compactación para alcanzar la densidad, adecuada al lugar donde se desarrolla la obra.

Deben realizarse pruebas de compactación, para verificar que el material alcance, desde la zona de acostillado.

El tamaño máximo de partículas es de 1½", para la mayoría de los diámetros, tubos de menor diámetro a 8".

El tamaño máximo no debe exceder 10% del diámetro del tubo.

El acostillado es la capa de relleno más importante, ya que prevé soporte al tubo. Materiales clase IA, IB, II y III, son adecuados para el acostillado, deben colocarse capas de 15 cm y compactados de acuerdo a la clase de material empleados, pero no menos de 90% de la densidad máxima de compactación del material.

El acostillamiento de la tubería (foto 28 y 29), es el apisonado que se efectúa a los lados y por debajo de las tuberías, con el objeto de dar un encamado correcto a todo el cuadrante inferior, y se efectuará hasta la mitad del diámetro del tubo; el resto del mismo y hasta 30 cm por arriba de su lomo, deber ser compactado al 90% de su prueba proctor.



FOTO (28): Autoría Propia



FOTO (29): Autoría Propia

El relleno inicial debe extenderse desde medio tubo hasta una altura de 0.30 m para tubos menores a 48" y 0.60 m para tubos de 120". Esta área de relleno permite que las cargas sean distribuidas uniformemente hacia el acostillado.

Usualmente, el material excavado puede ser utilizado como relleno final, si no se cuenta con una especificación, el relleno final se debe colocar en capas no mayores a 20 cm de espesor y la compactación estará en función de la intensidad de uso de la superficie (foto 30 y 31).

Los rellenos se medirán por metro cubico ( $m^3$ ) y el volumen será medido en banco y compactado.



FOTO (30): Autoría Propia



FOTO (31): Autoría Propia

**10.- Construcción de subbase hidráulica en proporción 50- 60 con grava cementada o controlada compactada al 95% de su prueba proctor. Incluye: materiales, desperdicios, mano de obra, maquinaria para homogenización, tendido, nivelado, riego de agua, compactación, equipo y herramienta.**

Es la capa de grava triturada, bien graduada y bien compactada que se construirá sobre la superficie de la subrasante y que forma parte de la estructura de pavimento, con la geometría, dimensiones y características que señala el proyecto, en los sitios que indique y donde lo ordene la supervisión.

El material utilizado en la construcción de la capa sub-base hidráulica, deberá estar constituido por agregados bien graduados, procedentes de los bancos de materiales propuesto por la constructora.

Esta deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la Norma N.CTR.CAR.1.01.008/00 en la carpeta 3 de la normativa para la infraestructura de transporte, libro CTR, construcción, tema CAR, carreteras parte I. conceptos de obra, título 01. Terracerías, capítulo 008 bancos, de la secretaria de comunicaciones y transporte (S.C.T), edición 2000 donde, en resumen:

TAMAÑO MÁXIMO DE LA PARTICULA	51.0 MM
ABSORCIÓN	5.0% MÁXIMO
LÍMITE LÍQUIDO	30.0% MÁXIMO
LÍMITE PLÁSTICO	10.0% MÁXIMO
CONTRACCIÓN LINEAL	5.0% MÁXIMO
EQUIVALENTE DE ARENA	50.0% MÍNIMO
PORCENTAJE DE FINOS QUE PASA POR LA MALLA NO. 200	5.0 A 10.0 MÍNIMO
V.R.S (ESTÁNDAR) O C.B.R.	50.0% MÍNIMO
EXPANSIÓN	MENOR AL 5.0%
VALOR CEMENTANTE EN KM/CM <sup>2</sup>	5.5 MÍNIMO
Tabla 18	

Una vez ya definida la subrasante, se procederá a la construcción de la sub base hidráulica con un espesor de 20 cm y/o según indique el proyecto.

Cuando se empleen dos o más materiales, se mezclarán en seco para obtener un material uniforme y su granulometría deberá quedar distribuida según la gráfica indicada en el libro 4.01.03 capítulo 4.01.03.009 inciso 009-C.06 de las Normas para Construcción e Instalaciones de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

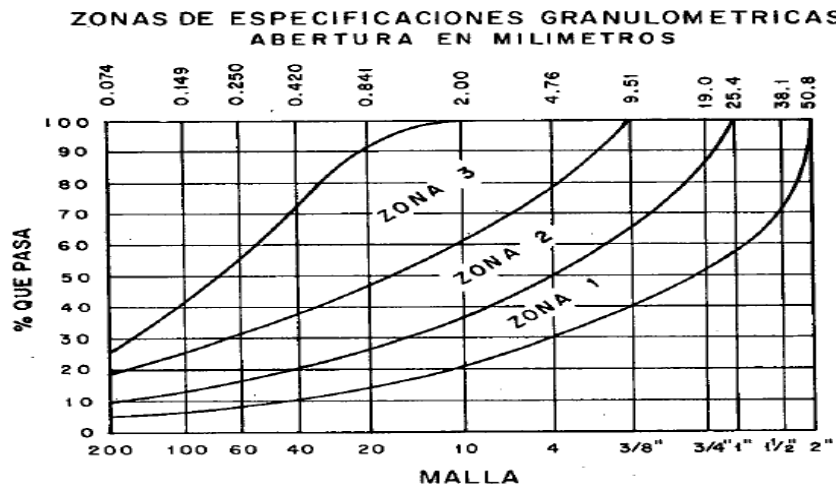


Imagen (14) tomada de manual de Agua Potable y Alcantarillado.

La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona I y el superior de la zona 3 y deberá afectar una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas, sin presentar cambios bruscos de pendiente.

- 1.- La relación del porcentaje en peso que pase la malla número 200 al que pase de la malla número 40, no deberá ser mayor de 65 centésimos.
- 2.- El tamaño máximo de las partículas del material no deberá ser mayor de 51 milímetros (2").

Cuando se emplee motoconformadora para el mezclado y el tendido, se tenderá parcialmente el material y se procederá a incorporar el agua por medio de riego y mezclados sucesivos para alcanzar la humedad que fije el proyecto y hasta obtener la homogeneidad en granulometría y humedad.

A continuación, se extenderá el material en capas sucesivas de materiales sin compactar, cuyo espesor no deberá ser mayor de 20 cm (foto 32 y 33).

La construcción de la sub-base hidráulica para el pavimento asfáltico se realizará conforme a lo señalado en la cláusula 3.01.03.074-F de las Normas para Construcción e Instalaciones de la SCT, con la geometría, los espesores y las características que se indican en el proyecto, utilizando agregados totalmente triturados, procedentes de los bancos propuestos por el contratista y autorizados por la supervisión del organismo.

Se debe cuidar de no dejar expuesta la superficie excavada por más de 24 horas, se deberá dar continuidad al proceso constructivo cuidando lo antes expuesto.

La sub-base por unidad de concepto de trabajo terminado se cobrará en metro cúbico (m<sup>3</sup>), colocado y compactado.

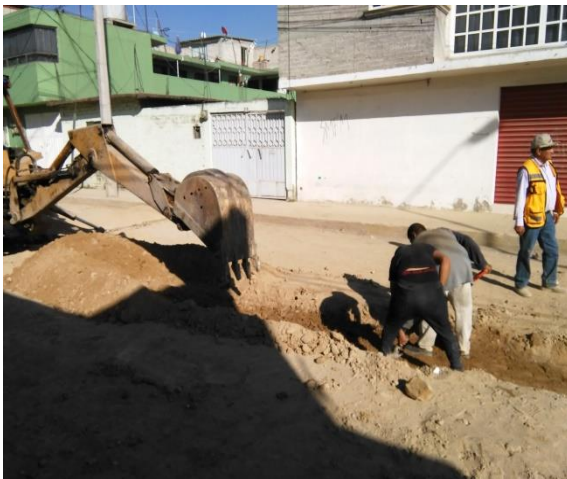


FOTO (32): Autoría Propia

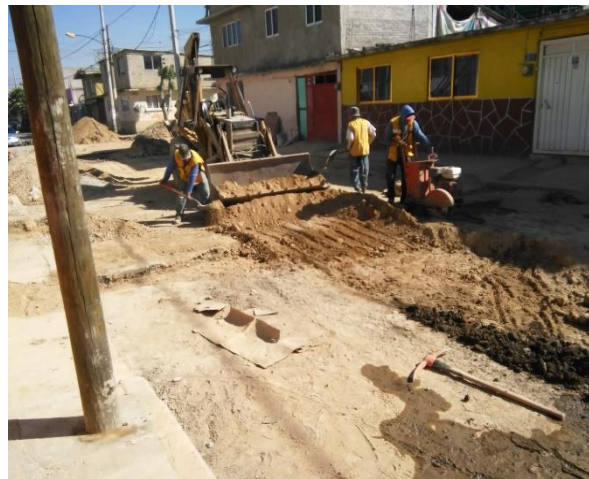


FOTO (33): Autoría Propia

**11.- Construcción de base hidráulica en proporción 70- 30 con grava cementada o controlada compactada al 95% de su prueba proctor. Incluye: materiales, desperdicios, mano de obra, maquinaria para homogenización, tendido, nivelado, riego de agua, compactación, equipo y herramienta.**

Es la capa de grava cementada o controlada, bien graduada y bien compactada que se construirá sobre la superficie de la sub-base y que forma parte de la estructura de pavimento, con la geometría, dimensiones y características que señala el proyecto, en los sitios que lo indique y/o donde lo ordene la supervisión del organismo.

El material que se empleará en la construcción de la capa de base hidráulica, deberá estar constituido por agregados bien graduado (criterio SUCS), procedentes de los bancos de materiales propuestos por el contratista y aprobados por la supervisión del organismo, deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la norma N.CTR.1.01.008/00 en la carpeta 3 de la normativa para la infraestructura de transporte, libro CTR, construcción, tema car, carreteras, parte I. Conceptos de Obra, título 01. Terracerías, capítulo 008 bancos, de la Secretaria de Comunicaciones y Transporte (S.C.T.) edición 2000 donde, en resumen:

TAMAÑO MÁXIMO DE LA PARTICULA	51.0 MM
ABSORCIÓN	5.0% MÁXIMO
LÍMITE LÍQUIDO	30.0% MÁXIMO
LÍMITE PLÁSTICO	10.0% MÁXIMO
CONTRACCIÓN LINEAL	5.0% MÁXIMO
EQUIVALENTE DE ARENA	50.0% MÍNIMO
PORCENTAJE DE FINOS QUE PASA POR LA MALLA NO. 200	5.0 A 10.0 MÍNIMO
V.R.S (ESTÁNDAR) O C.B.R.	50.0% MÍNIMO
EXPANSIÓN	MENOR AL 5.0%
VALOR CEMENTANTE EN KM/CM <sup>2</sup>	5.5 MÍNIMO
Tabla 19	

Una vez terminada debidamente la sub-base, se procederá a la construcción de la base hidráulica con un espesor de 20 cm y/o según indique el proyecto (foto 34 y 35).

Cuando se empleen dos o más materiales, se mezclarán en seco para obtener un material uniforme y su granulometría deberá quedar distribuida según la gráfica indicada en el libro 4.01.03 capítulo 4.01.03.009 inciso 009-C.06 de las Normas para Construcción e Instalaciones de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes.



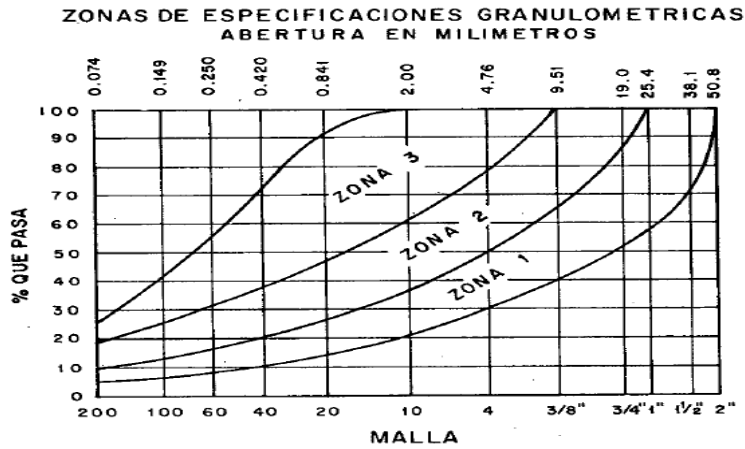


Imagen (15) tomada de manual de Agua Potable y Alcantarillado.

La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona I y el superior de la zona 3 preferentemente deberá emplear materiales cuya curva granulométrica se localiza en las zonas I y II.

1.- La relación del porcentaje en peso que pase la malla número 200 al que pase de la malla número 40, no deberá ser mayor de 65 centésimos.

2.- El tamaño máximo de las partículas del material no deberá ser mayor de 51 milímetros (2") para materiales tipo A (materiales pétreos que no requieren ningún tratamiento de disgregación, cribado o trituración), o de 38 milímetros (1 ½ "), para material correspondiente al grupo B (materiales pétreos que requieren tratamientos de disgregación, cribado o trituración).

Cuando de emplee motoconformadora para el mezclado y el tendido, se entenderá parcialmente el material para alcanzar la humedad que fije el proyecto y hasta obtener homogeneidad en granulometría y humedad.

A continuación, se extenderá el material en capas sucesivas de materiales sin compactar, cuyo espesor no deberá ser mayor de 20 cm.

La construcción de la base hidráulica para el pavimento asfáltico se realizará conforme a lo señalado en la cláusula 3.01.03.074-F de las Normas para Construcción e Instalaciones de la SCT, con la geometría, los espesores y las características que se indican en el proyecto, utilizando agregados totalmente triturados, procedentes de los bancos propuestos por el contratista, y autorizados

por la supervisión del organismo, siempre y cuando estos materiales cumplan con las normas de calidad establecidas en esta especificación particular.

La base por unidad de concepto de trabajo terminado se pagará en metro cubico, ( $m^3$ ), colocado y compactado al 95% de su prueba Proctor, para el banco seleccionado por el contratista, incluirá: lo que corresponde a: liberación y/o regalías, desmonte y despalme de bancos, extracción de material aprovechable y del desperdicio cualquiera que sea su clasificación, separación, recolección, carga y descarga del desperdicio en el sitio señalado; adquisición de los materiales, carga, acarreo y descarga de los materiales del banco a la planta de tratamiento; instalación y desmantelamiento de la planta de trituración, cribado y dosificación; alimentación, trituración, cribado y dosificación, carga en la planta, acarreo y descarga en el lugar de utilización o almacenamiento y los tiempos de vehículos empleados durante las esperas del proceso constructivo y de los cruces con calles de rodaje en operación, todas las operaciones para el tendido, conformación y compactación de la capa según niveles de proyecto considerando los coeficientes de reducción correspondientes; pago de regalías en la adquisición de agua, carga, acarreo cualquiera que sea su distancia, aplicación e incorporación de agua; compactación al 95% de su P.V.S.M., el equipo y mano de obra en los controles topográficos y muestreos en el control de calidad y en general, todo lo necesario para su correcta ejecución a satisfacción de la supervisión el organismo.



FOTO (34): Autoría Propia

FOTO (35): Autoría Propia

**12.- Construcción de carpeta a base de concreto asfáltico 8 cm de espesor compactado al 95% de su prueba proctor con agregado a 19 mm ( $\frac{3}{4}$ " de diámetro en caliente, incluye suministro, riego de liga, riego de impregnación, acarreo, tendidos, compactación, maquinaria, mano de obra, equipo y herramienta.**

Se colocará la carpeta con un espesor de 8 cm, o según lo que indique el proyecto y/o lo que ordene el organismo, sobre la superficie de base hidráulica estabilizada, una vez aplicado el riego de liga.

Durante el tendido de la mezcla asfáltica, conservando las pendientes transversales de proyecto, se compactará al noventa y cinco (95%) de su peso volumétrico máximo obtenido en el laboratorio con el método Marshall, a partir de este método se obtendrá el contenido óptimo de asfalto a utilizar.

El concreto asfáltico deberá elaborarse utilizando cemento asfáltico tipo AC-20 y material pétreo de tamaño máximo de 19 mm, procedente de bancos propuestos por el concursante y aprobados por el organismo.

**El contratista determinará mediante la curva viscosidad- temperatura del material asfáltico utilizando, las temperaturas mínimas conveniente para el tendido y compactación de la mezcla.**

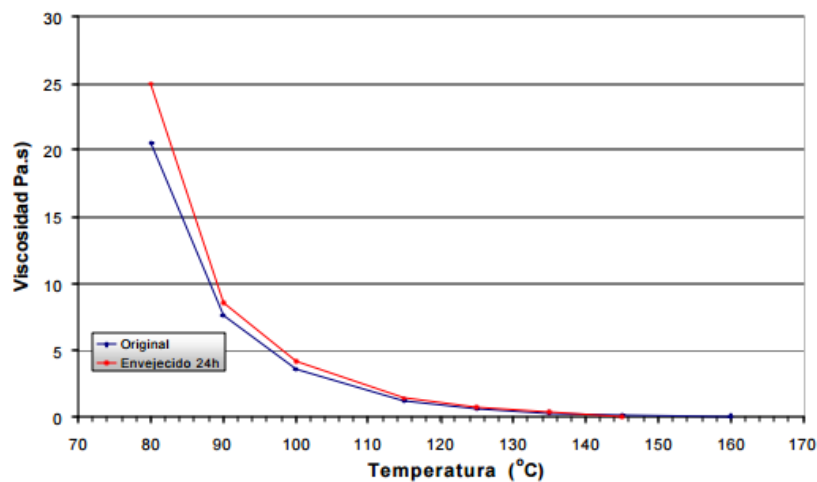


Imagen (16) tomada de manual de Agua Potable y Alcantarillado.

Los valores de viscosidad a temperaturas mayores de 125 °C, no parecen ser afectados por el tratamiento; para valores de temperatura de 90 °C o menores, el comportamiento de la viscosidad se presenta en forma lineal, quedando el área de variación por tratamiento entre 90 y 125 °C, en donde podrían encontrarse valores de viscosidad para muestras tratadas entre 0 (sin tratar) y 24 h, en lo que respecta al asfalto utilizado, en la siguiente foto se aprecia que cumple con lo establecido.



FOTO (36): Autoría Propia

La superficie de rodamiento deberá tener una textura y acabado uniforme, además de estar bien nivelada, conforme a las pendientes longitudinales y transversales de proyecto, por lo que el contratista deberá contar con el personal capacitado y el equipo especial con las características del párrafo anterior.

En caso de iniciar lluvia, el tendido deberá suspenderse inmediatamente sin argumentar que se tiende bajo riesgo del contratista.

Se debe considerar dentro del precio unitario de la carpeta, el retiro del material excedente de mezcla asfáltica, acarreo al tiro, en este caso Neza II.

Para el tendido y acabado superficial de la carpeta (foto 37 y 38), el contratista deberá tener especial atención ya que el organismo será muy estricto en verificar que se cumpla con los niveles de la rasante del proyecto; la textura de la carpeta deberá ser uniforme y no deberá presentar zonas clasificadas.

-La mezcla asfáltica se elaborará en caliente en la planta de asfalto del tipo de producción continua o discontinua, la planta de asfalto deberá de contar con un mínimo de tres tolvas en el alimentador de fríos para garantizar una correcta dosificación de los materiales pétreos.



FOTO (37): Autoría Propia



FOTO (38): Autoría Propia

Se utilizará material pétreo triturado a un tamaño máximo de 19 mm, este material además de cumplir ampliamente con las especificaciones generales que marca la Secretaria de Comunicaciones y Transportes y las particulares que aquí se indican, debe tener un 90% de material producto de trituración, y solo se autorizará hasta un máximo de 10% de arena natural procedente de otro banco.

Además, el material pétreo utilizado para la fabricación de la carpeta asfáltica debe cumplir con la granulometría y características que especifica la SCT.

No se aceptará material producto de escoria para la elaboración de la carpeta asfáltica.

El material pétreo triturado proveniente del banco propuesto por el contratista debe de cumplir los siguientes requisitos.

DESGASTE DE LOS ANGELES	35 % MÁXIMO
ADHERENCIA CON EL ASFALTO	BUENA
ABSORCIÓN	3% MÁXIMO
DENSIDAD	2.5 MÍNIMO
EQUIVALENTE DE ARENA	65% MÍNIMO

LÍMITE LÍQUIDO	25% MÁXIMO
ÍNDICE PLÁSTICO	INAPRECIABLE
CONTRATACIÓN LINEAL	0.5% MÁXIMO
FORMA DE PARTÍCULA (LAJEO Y/O ALARGAMIENTO)	35 % MÁXIMO
PARTÍCULAS TRITURADAS UNA CARA	90% MÍNIMO
PARTÍCULAS TRITURADAS DOS CARA	70% MÍNIMO
MATERIAL DELEZNABLE	2.0 % MÁXIMO

Tabla 21

No se permitirá un contenido de partículas blandas (calcita, lutita, etc.) en un porcentaje mayor de 2% en peso de material.

Se cumplirá con las tolerancias de granulometría especificadas.

ESTABILIDAD (KG)	900 MÍNIMO
VACÍOS (%)	3-5
FLUJO (MM)	2-4
VAM (%)	14 MÍNIMO
PERMEABILIDAD	10 % MÁXIMA

#### REQUISITOS DE GRANULOMETRÍA PARA CARPETA ASFÁLTICA

MALLA NÚM.	LIMITES ESPECIFICADOS, POR CIENTO QUE PASA
25.00 MM (1")	100
19.00 MM (¾")	90-100
9.50 MM (3/8")	65-100
4.75 MM #4	48-70
2.00 MM #10	33-48
0.425 MM #40	17-25
0.150 MM #100	9-16
1.074 MM #200	6-10

Tabla 22

El material pétreo deberá satisfacer al menos dos de los requisitos para afinidad con el asfalto, desprendimiento por fricción de 25% mínimo, cubrimiento de asfalto por método ingles del 90% mínimo, pérdida de estabilidad por inmersión en agua de 25% máximo, en caso de ser necesario, para mejorar la afinidad del agregado pétreo con el asfalto, se deberá emplear un aditivo.

Para el caso de la carpeta asfáltica se consideran las siguientes tolerancias:

PARÁMETRO	TOLERANCIA
NIVELES	+/- 0.5
ESPEORES	+/- 0.5
Tabla 23	

El equipo que se utilice para la construcción de carpetas asfálticas con mezcla caliente será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación conforme al programa de utilización de maquinaria.

El producto asfáltico que se emplee en los riegos de impregnación será del tipo ECI-60 de acuerdo con la norma N.CMT.4.05.001/00 tal que permita la penetración adecuada para su buen funcionamiento.

Sobre la superficie de la base hidráulica previamente barrida y ligeramente húmeda, se aplicará un riego de impregnación antes de que transcurran 24 horas.

Después de terminada, con el producto asfáltico tipo ECI-60, a razón de 1.5 lts/m<sup>2</sup> o lo que indique la supervisión del organismo.

Esta deberá cumplir con las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS	NORMA
VISCOSIDAD SAYBOLT-FUROL 50 °C, SEG, MIN.	25
CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTÍCO EN MASA; %, MIN.	60

ASENTAMIENTO EN 5 DIAS, DIFERENCIA EN % MÁXIMO.	5
RETENIDO EN MALLA No. 20, MÁXIMO	0.10
CARGA DE LA PARTÍCULA	(+)

**PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION:**

VISCOCIDAD DINÁMICA A 60 °C, POISES	500+100
PENETRACIÓN A 25 °C, 100 G5SEG, 10 MM	100-250
SOLUBILIDAD, % MÍNIMO	97.5
DUCTILIDAD A 25 °C, CM, MÍNIMO	40
Tabla 24	

-Para el riego de liga deberá está a razón de 0.8 l/m<sup>2</sup>, con emulsión asfáltica (ECR-65, foto 39 y 40).

En las zonas que indique el proyecto y/o donde lo indique la supervisión del organismo, previo a la colocación de la carpeta asfáltica, se aplicará un riego de liga que deberá cumplir con las normas de calidad.

Este será un producto asfáltico tipo emulsión catiónica de rompimiento rápido de acuerdo con la norma N.CTR.1.04.005/00, que sea autorizado previamente por la supervisión del organismo, el producto asfáltico deberá cumplir con las siguientes normas de calidad para su uso de acuerdo con dicha norma, donde el producto deberá garantizar las siguientes características:

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>NORMA</b>
VISCOSIDAD SAYBOLT-FUROL 50 °C,SEG,MIN.	5.0
CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTÍCO EN MASA; %, MIN.	65.0
ASENTAMIENTO EN 5 DIAS, DIFERENCIA EN % MÁXIMO.	5.0
RETENIDO EN MALLA No. 20, MÁXIMO	0.10
CARGA DE LA PARTÍCULA	(+)

**PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION:**



VISCOSIDAD DINÁMICA A 60 °C, POISES	500+100
PENETRACIÓN A 25 °C, 100 G5SEG, 10 MM	100-250
SOLUBILIDAD, % MÍNIMO	97.5
DUCTILIDAD A 25 °C, CM, MÍNIMO	40

Tabla 25



FOTO (39): Autoría Propia



FOTO (40): Autoría Propia

Es importante para el diseño del asfalto saber en qué consiste la prueba Marshall, a continuación, se hará un abreve explicación:

### PRUEBA MARSHALL

El concepto del método Marshall en el diseño de mezclas para pavimentación fue formulado por Bruce Marshall, ingeniero de asfaltos del Departamento de Autopistas del estado de Mississippi. El Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos, a través de una extensiva investigación y estudios de correlación, mejoró y adicionó ciertos aspectos al procedimiento de prueba Marshall, a la vez que desarrolló un criterio de diseño de mezclas.

El método original únicamente es aplicable a mezclas asfálticas en caliente para pavimentación, que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm (1") o menor. El método Marshall modificado se desarrolló para tamaños máximos arriba de 38 mm (1.5"), y está pensado para diseño en laboratorio y control en campo de mezclas asfálticas en caliente, con graduación densa. Debido a que la prueba de estabilidad es de naturaleza empírica, la importancia de los resultados en términos

de estimar el comportamiento en campo se pierde cuando se realizan modificaciones a los procedimientos estándar. El método Marshall utiliza especímenes de prueba estándar de 64 mm (2 ½") de alto y 102 mm (4") de diámetro; se preparan mediante un procedimiento para calentar, combinar y compactar mezclas de asfalto- agregado (ASTM D1559).

El objetivo de esta prueba es diseñar una mezcla asfáltica, obteniendo como resultado una granulometría idónea y el contenido óptimo de asfalto, en el cual se obtienen los siguientes datos necesarios:

Contenido de asfalto- Peso volumétrico, Contenido de asfalto- Porcentaje de vacíos de la mezcla, Contenido de asfalto -Porcentaje de vacíos del material pétreo, Contenido de asfalto -Estabilidad y Contenido de asfalto-flujo.

De cada grafica se define cual es el contenido de asfalto que mejor satisface los requisitos del proyecto para cada una de las características que se graficaron y se promedian dichos contenidos.

### **13.- Carga mecánica, acarreo en camión al primer kilómetro, de material producto de excavación, volumen medido en banco, incluye: equipo y herramienta.**

Se le denomina acarreo al transporte de materiales fabricados, naturales o elaborados desde su adquisición hasta la zona de las obras objeto de contrato, efectuado de acuerdo a lo señalado en el proyecto, entendiéndose por zona de la obra el área ocupada por la obra en sí, los bancos de préstamo y depósitos de materiales.

La carga hace referencia a estos mismos materiales, que podrán ser materiales correspondientes a terracerías, o demoliciones, el equipo utilizado será el que se indique en el proyecto (foto 41 y 42).

El equipo de acarreo podrá ser el que se considere propiedad del contratista, el de las uniones con transportistas de la localidad que ejecuten obras.

Cuando el contratista pretenda emplear equipo de las uniones de transportistas, deberá presentar a el organismo el convenio celebrado entre la Cámara Nacional De La Construcción (CANACO) y dichas uniones (dependiendo la localidad), el cual debe contemplar las tarifas zonales autorizadas.

Los acarrees en el caso de esta obra se efectuarán al tiro denominado Neza II, siguiendo la ruta transitable más corta y conveniente.

Acarreo al primer kilómetro, se medirá para concepto de pago en metro cúbico (m<sup>3</sup>), comprende la carga del material en las unidades de transporte hasta un kilómetro, descarga y estiba en su caso al tiro definido por la dependencia, considerando el factor de abundamiento.



FOTO (41): Autoría Propia



FOTO (42): Autoría Propia

**14.- Carga mecánica, acarreo en camión al primer kilómetro, de material de demolición de carpeta asfáltica y/o demolición de concreto, volumen medido colocado, incluye: equipo y herramienta.**

En este punto se considera igual que el párrafo anterior, solo que el material de carga y acarreo está referido a concreto asfáltico y concreto hidráulico, en este caso las banquetas (foto 43 y 44).



FOTO (43): Autoría Propia



FOTO (44): Autoría Propia

**15.- Acarreo en camión de material producto de demolición, excavación, escombro, carpeta asfáltica y/o demolición de concreto, tala de árboles y basura a kilómetros subsecuentes.**

El acarreo de los materiales se medirá tomando como valor el que resulte de multiplicar la unidad en que se mida el material acarreado por la unidad en que se mida la distancia de acarreo y el resultado se aproximará a la unidad, tomando en cuenta el factor de abundamiento.

Los materiales acarreados se medirán en metros cúbicos ( $m^3$ , foto 45 y 46), las distancias de acarreo, se podrán medir tomando como unidad la que se establezca en el contrato:  $m^3 / km$  para kilómetros subsecuentes, y su factor de abundamiento.

Las distancias se medirán siempre por la ruta transitable más corta y conveniente que ordene el organismo.

El abundamiento se refiere al aumento de volumen que sufre un material por su diferente "acomodamiento, este dependerá del tipo de material en el que estemos trabajando, ya que este factor es distinto en demoliciones de concreto, en excavaciones de tierra o de arena.

El mejor ejemplo por el cual se puede entender el factor de abundamiento es suponiendo que tenemos una caja de  $1m \times 1m \times 1m$  ( $1m^3$ ) y está llena de concreto fundido, ahora lo sacamos, lo demolemos. Si se volvieran a meter todas las piezas dentro de la caja, no cabrán porque se ha desordenado el acomodamiento por el

cual sí cabían, esta diferencia se le denomina como “abundamiento” porque el volumen aumenta.

A continuación, se muestra una tabla para factores de abundamiento de distintos materiales:

FACTOR DE ABUNDAMIENTO POR TIPO DE MATERIAL	
MATERIAL	FACTOR DE ABUNDAMIENTO
Tierra (material tipo I o II), tepetate, arcilla, limo.	1.30
Arena, Grava	1.12
Concreto, piedra, mamposterías, suelo (material tipo III)	1.50

Tabla 26



FOTO (45): Autoría Propia



FOTO (46): Autoría Propia

**16.- Construcción de pozo de visita para tubería de 30 a 61 cm de diámetro, con una profundidad de arrastre hidráulico de 2.56m a 3.05 m, fabricado con un muro de tabique rojo recocido de 0.28 m de espesor colocado a tizón juntado y aplanado en el interior con mortero cemento-arena 1:4, desplantado sobre losa de concreto de  $f'c=250$  kg/ cm<sup>2</sup>, reforzada con dos parillas de acero del no. 3 (3/8"  $\varnothing$ ) @ 20 cm. en ambos sentidos y acabados pulidos en su interior con cemento y relleno en la parte exterior con tepetate compactado por medios mecánicos. Incluye: base de tezontle de  $\frac{3}{4}$  , base de tepetate compactado, plantilla de concreto simple de  $f'c= 100$  kg/cm<sup>2</sup>,**

**excavación, traspaleos, rellenos, acareo horizontal y vertical, mermas, cortes, nivelación, trazo, escalones marinos de f.o.f.o, brocal y tapa de polietileno de alta densidad (pead) para tráfico pesado, suministros de material, equipo, herramienta y mano de obra.**

La función principal de estos es permitir el acceso a la tubería para su desazolve, limpieza y revisión, también se utiliza para formar un cambio de dirección en la tubería.

Los materiales empleados en la construcción de estos los siguientes: mortero, concreto, acero de refuerzo, piedra, tabique rojo recocido y acero estructural, además como piezas especiales los brocales o tapas del material indicado en el proyecto, en este caso (PEAD).

Los pozos de visita se construirán de acuerdo al proyecto sujetándose a lo siguiente:

Una vez terminada la excavación, se afinará la superficie del fondo, se construirá una plantilla de concreto simple  $F'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$  de 5 cm, en el cual se desplantará la parrilla para colar una losa de cimentación.

A continuación se ejecutará la doble parilla, de varilla del número 3, con separación de varillas a cada 20 cm y se colara con concreto de  $F'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$  de 10 cm de espesor y se desplantará un muro circular de tabique rojo recocido (de 28 cm de espesor), asentando con mortero de cemento en la proporción que indique el proyecto.

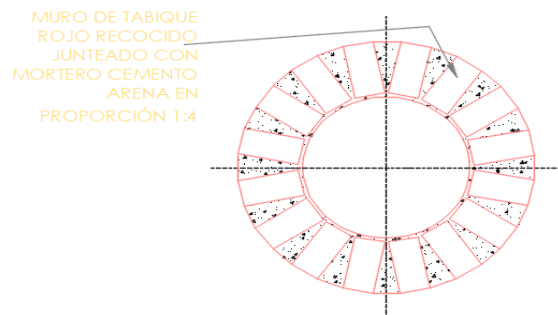


Imagen (17) tomada del plano proyecto.

**Tabla de proporcionamientos**  
**Cemento Cruz Azul Tipo II Compuesto (CPC 30R RS)**

	Consumo POR BULTO de cemento de 50kg			
	(Proporción volumétrica)			
	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			
	f'c 100 Pisos Firmes Banquetas	f'c 150 Dadas Castillos Cadenas	f'c 200 Zapatas Losas Trabes	f'c 250 Columnas y Losas Especiales
Cemento (bulto)	1	1	1	1
Arena (bote)*	6 1/4	5 1/2	4 1/4	3 1/2
Grava (bote)*	7 1/4	6 3/4	5 1/4	4 1/2
Agua (bote)*	2 1/2	2 1/4	1 3/4	1 1/2

\*Se consideran botes alcoholeros de 18 litros / Revenimiento de mezclas: 12-14cm.

Imagen (18) tomada de [www.cementocruzazul.com](http://www.cementocruzazul.com)

En el caso de que estos sean prefabricados, se construirá una base como la indicada en el párrafo anterior para su apoyo.

El muro deberá construirse hasta los niveles que indiquen el proyecto y/o el organismo para colocar y asentar sobre él, el brocal del material indicado en el proyecto como se indica en las siguientes fotografías (47, 48, 49, 50).



FOTO (47): Autoría Propia



FOTO (48): Autoría Propia



FOTO (49): Autoría Propia



FOTO (50): Autoría Propia

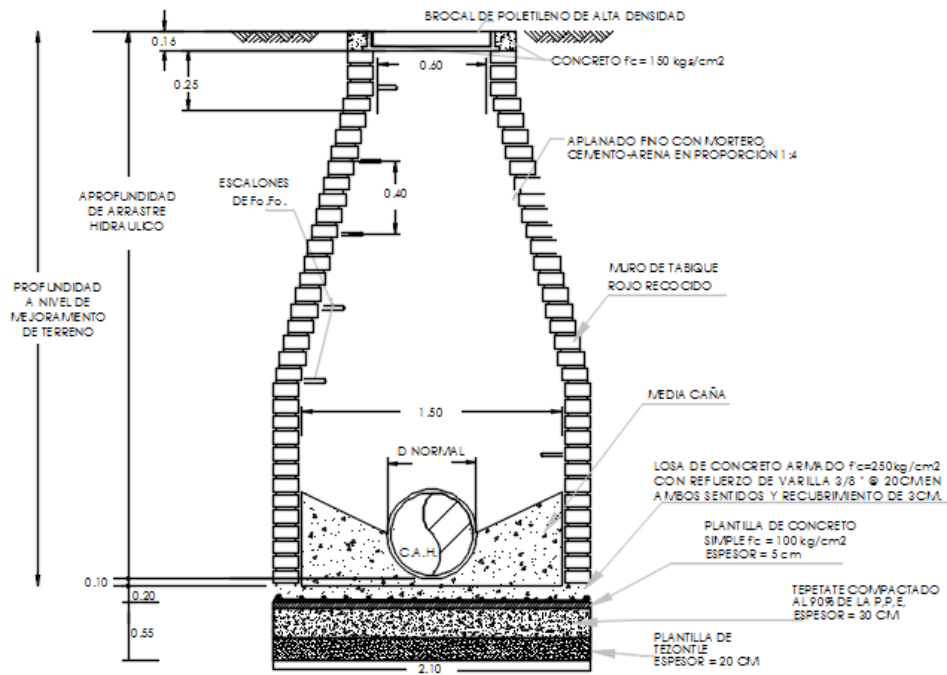


Imagen (19) tomada del plano proyecto.

En este caso como es de PEAD, tendrá forma de cilindro hueco con diámetro interior de 60 cm, y una muesca de 15 cm de altura y 10 cm de base, donde se asentará la tapa.

En el interior del pozo llevará un aplanado de mortero de cemento en la proporción que indique el proyecto, con acabado pulido; se deberá emboquillar la tubería del alcantarillado a la entrada y a la salida del pozo.



USOS	CEMENTO BULTO	ARENA BOTES	GRAVA BOTES
PISOS, FIRMES, BANQUETAS.	1	2 1/2	4 1/2
GUARNICIONES.	1	2	4
JUNTEO DE TABIQUE, AZULEJOS, MOSAICOS, CELOSÍAS.	1	6	
MAMPOSTERÍA Y APLANADOS.	1	7	
PLANTILLAS.	1	5	
APLANADOS ESPECIALES DE ALTA RESISTENCIA.	1	2	

Imagen (20) tomada de [www.cementocruzazul.com](http://www.cementocruzazul.com)

A continuación, en la pared del pozo se colocarán los escalones de fierro fundido, tipo marino, o según el proyecto (foto 51).

Las dimensiones de su sección interna estarán en función de la profundidad y diámetro del albañal o del alcantarillado, pero nunca será menor de 40 X 60 cm.



FOTO (51): Autoría Propia

Para registros con profundidades mayores de un metro, la sección interna deberá ser lo suficientemente amplia para que se puedan realizar los trabajos necesarios de desazolve, limpieza o revisión en su interior.

Si el proyecto no indica otra cosa, en el fondo se construirá una media caña de sección longitudinal, para formar un canal que tenga la misma pendiente de la tubería, relleno de los lados con pedacería de tabique y mortero de cemento, formando una superficie con pendiente transversal al canal indicado.

Los pozos de visita y los registros se medirán de acuerdo con una de las siguientes modalidades: por pieza como base para el pozo de visita o registros tipo marcado en proyecto, o por incremento (INCR) por cada 25 cm o fracciones adicionales a la profundidad tipo, marcada en proyecto.

Los brocales, tapas, rejillas o coladeras son elementos para obturar total o parcialmente la boca de un pozo de visita o registro y evitar la entrada de materias extrañas.

Estos se fabricarán de la forma, tamaño, peso, secciones, calidad de los materiales y otras características conforme a lo señalado en el proyecto.

El manejo de brocales, tapas o coladeras se hará de tal manera que se eviten daños desde su fabricación, transporte y almacenamiento, cuidándose en especial de golpes y vibraciones excesivas.

La superficie sobre la cual habrán de colocarse, se deberá limpiar y humedecer antes de proceder a la fijación.

Para el amacizado de los brocales y coladeras de piso, deberán colocarse en el lugar, con los niveles y alineamientos que indique el proyecto, con tolerancia máxima de 5 cm, llevarán en todo el perímetro exterior un chaflán de mortero de las dimensiones y características que se indiquen en el proyecto (foto 52 y 53).

Las tapas deberán asentar perfectamente en toda la superficie de apoyo, para evitar movimiento o deterioro con el paso de los vehículos.

Así mismo deberán quedar al nivel del terreno natural o en su caso del pavimento existente o por colocar, con tolerancia máxima de 5 milímetros abajo del nivel del terreno o pavimento.

Para efecto de medición de brocales, tapas, coladeras de piso y banquetas, la unidad de medición será por pieza, en el caso de que estas vengan en otro concepto no incluido al pozo de visita.

Puede haber conceptos iguales en el catálogo (como en este caso), lo único que cambiaría es la profundidad del pozo.



FOTO (52): Autoría Propia



FOTO (53): Autoría Propia

**17.- Suministro y colocación de costales de yute para seccionamientos de red sanitaria, rellenos de arena. Incluye: acarreo libre horizontal y vertical, colocación, traslados, acomodo, mermas, herramienta, equipo y mano de obra.**

En este tipo de obra es indispensable la utilización de los costales de yute, ya que sirven para tapar las líneas de drenaje, en caso de que sea rehabilitación de la línea y que esta se encuentre en funcionamiento, además también ayudan a desviar el paso de agua, y pueden ser ocupados para darle peso a la tubería y mantener el nivel adecuado durante el acostillamiento, estos se rellenaran con arena de tal modo que sean manejables por los trabajadores encargados de acarrearlos, se amarraran con alambre o con cinta de rafia, esto no se recuperarán en algunos casos como se ve en las siguientes fotos (54, 55 y 56).

Para efecto de cobro, se medirán los costales de yute por pieza.



FOTO (54): Autoría Propia



FOTO (55): Autoría Propia



FOTO (56): Autoría Propia

**18.- suministro y colocación de coladera pluvial de banqueta de polietileno de alta densidad (pead), incluye: interconexión a atarjea o pozo de visita, corte con cortadora de disco de pavimento a base de concreto asfáltico o concreto hidráulico, demolición de concreto simple en banqueta, demolición de concreto asfáltico, excavación, cama de arena, tubería de pead corrugada sanitaria, bota de inserción de pead, aproche con material de banco (tepetate), compactado al 90% de su prueba proctor, sub-base, base, reposición de la carpeta asfáltica, reposición de banqueta, pruebas de compactación, mano de obra, herramienta, y equipo.**

Las coladeras son las estructuras de captación de un sistema de alcantarillado pluvial, su capacidad y ubicación dependen de varios factores: como son el tamaño del área de aportación, la topografía y el tipo de urbanización.

Las coladeras de banquetas son las de menor capacidad (15 l/s), el albañal de conexión con las atarjeas debe ser mínimo de 0.15 m de diámetro o el que indique el proyecto.

Se retirará la coladera pluvial existente, se demolerá en el caso de que esta sea de concreto, se rehabilitará el tubo de concreto que se encuentra debajo de la coladera ya retirada o en su defecto si este presenta daños o el proyecto lo indica deberá ser cambiado por uno nuevo, este no debe ser mayor a 1.5 m de longitud, y por lo

regular es de 20" de diámetro, este tubo es el colector de aguas, en el fondo de este de colocará el tubo PEAD de diámetro que indique el proyecto, se realizará el corte de pavimento para poder demolerlo, se procederá a la excavación hasta el nivel donde se encuentre la descarga pluvial existente, esta se retirará y el terreno se afinará y se le cubrirá una capa de arena que será la que reciba la nueva tubería de PEAD (en este caso).

Después con un taladro mecánico y un sacabocados (disco con dientes metálicos, al girar a gran velocidad produce corte), se perforará la línea de atarjea para hacer la conexión con la descarga pluvial.

Se utilizará una bota de inserción que permitirá hacer la unión entre las dos tuberías, estas deben quedar herméticamente conectadas y bien selladas, para este caso no es necesario un coplee que permita la unión de la tubería de PEAD con el tubo receptor, solo será sobrepuesto.

Después se procederá a rellenar con material indicado en proyecto y asentar la nueva coladera de banqueta con la ayuda de una línea ladrillos en los cuales descansará, cuidando el nivel del asfalto, la guarnición y la banqueta existente, o en su caso la reposición de esta que deberá tener los mismos niveles antes de haber iniciado el proyecto (foto 57 y 58).

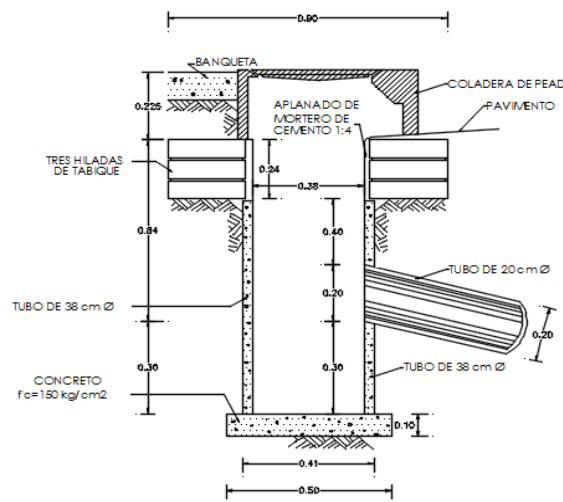


Imagen (21) tomada del plano del proyecto



FOTO (57): Autoría Propia



FOTO (58): Autoría Propia

**19.- Descarga domiciliaria con tubería de polietileno corrugado de alta densidad (pead) de 6" de diámetro, con una longitud de hasta 6.00 m. incluye: interconexión a atarjea o pozo de visita, corte con cortadora de disco de pavimento a base de concreto asfáltico o concreto hidráulico, demolición de concreto simple en banquetta, excavación, cama de arena, tubería, bota de inserción, , aproche con material de banco (tepetate), compactado al 90% de su prueba proctor, sub-base, base, reposición de la carpeta asfáltica, reposición de banquetta, pruebas de compactación, mano de obra, herramienta, y equipo.**

Si se cuenta con planos actualizados donde aparezcan las localizaciones de las descargas domiciliarias se procederá hacer los cortes de tal manera que quede sobre la línea de la descarga domiciliaria, de lo contrario se tendrá que hacer un estudio con las personas que habitan en el domicilio, para ver la ubicación de su línea de drenaje y así saber con precisión donde se efectuará el corte con la cortadora de pavimento, de tal manera que el corte llegue hasta el exterior del domicilio, este corte se hará de la misma manera sobre la banquetta y el pavimento existente.

Se realizará la demolición de la carpeta asfáltica y concreto hidráulico (banqueta), y se procederá a la excavación hasta el nivel donde se encuentre la descarga domiciliaria existente (foto 59), esta se retirará, tratando de tapan el tubo que sale

de la parte exterior del domicilio para mejorar las maniobras de trabajo, el terreno se afinara y se le cubrirá una capa de arena que será la que reciba la nueva tubería de PEAD (en este caso, foto 60).



FOTO (59): Autoría Propia



FOTO (60): Autoría Propia

Después con un taladro mecánico y un sacabocados (disco con dientes metálicos, al girar a gran velocidad produce corte), se perforará la línea de atarjea para hacer la conexión con la descarga domiciliaria (foto 61).

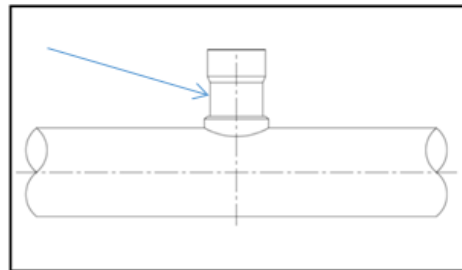


Imagen (22) tomada del Manual de Agua Potable y Alcantarillado

Se utilizará una bota de inserción que permitirá hacer la unión entre las dos tuberías, estas deben quedar herméticamente conectadas y bien selladas, por lo regular las descargas domiciliarias antiguas estaban hechas de concreto, quiere decir que tendremos dos materiales distintos en la parte exterior de la casa, para este caso se utilizara un coplee que permita la unión de la tubería de PEAD con la de concreto existente, el sello se logrará utilizando mezcla de cemento-arena en proporción 1:1,

en algunos casos se podrán utilizar algunos aditivos para aumentar la adherencia y permeabilidad.

Se procederá a costillar en tubo conectado y rellenar con el material que indique el proyecto.

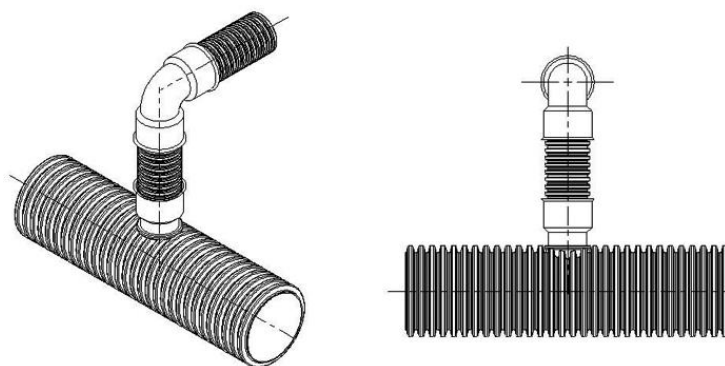


Imagen (23) tomada del Manual de Agua Potable y Alcantarillado

En algunos casos se necesitará un codo, esto dependiendo de la pendiente que indique el proyecto (foto 62), esto es, a que tanta profundidad se encuentra la línea de atarjea y hacer la unión con la toma domiciliaria existente.

Para este caso, el análisis de este concepto se debe realizar por pieza (pza.), en el deberá considerarse todos los elementos necesarios para su correcta ejecución y terminación.

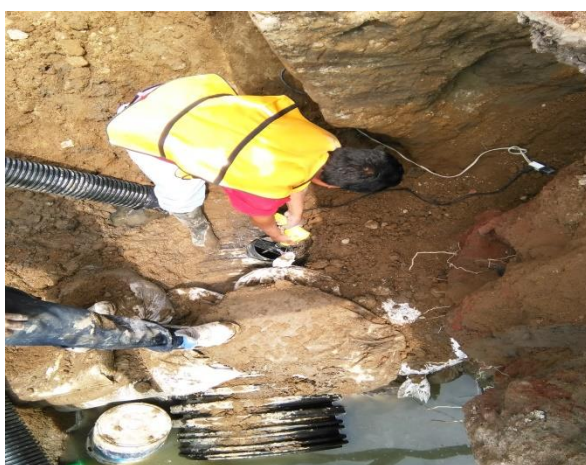


FOTO (61): Autoría Propia

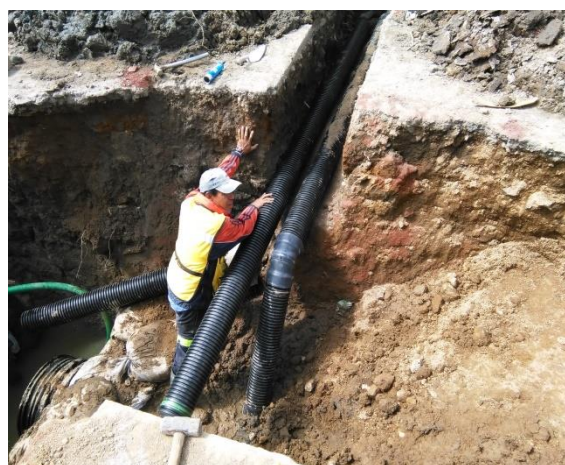


FOTO (62): Autoría Propia



Es importante saber en qué consiste la prueba proctor, por eso haré un paréntesis para su definición:

#### \*PRUEBA PROCTOR

En mecánica de materiales, esta prueba es de los más importantes procedimientos para el estudio y control de calidad de la compactación de un terreno, el objetivo de esta prueba es determinar la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada.

El ensayo consiste en compactar una porción de suelo en un cilindro con volumen conocido (foto 63), haciéndose variar la humedad para obtener la curva que relaciona la humedad y la densidad seca máxima a determinada energía de compactación. El punto máximo de esta curva corresponde a la densidad seca máxima en ordenadas y a la humedad óptima en abscisas.

El Grado de compactación de un terreno se expresa en porcentaje respecto al ensayo Proctor; es decir, una compactación del 85% de Proctor Standard quiere decir que se alcanza el 85% de la máxima densidad del Proctor Standard.

El porcentaje puede ser mayor al 100%, por ejemplo, en casos en que la energía de compactación en campo es mayor a la del Proctor Standard.

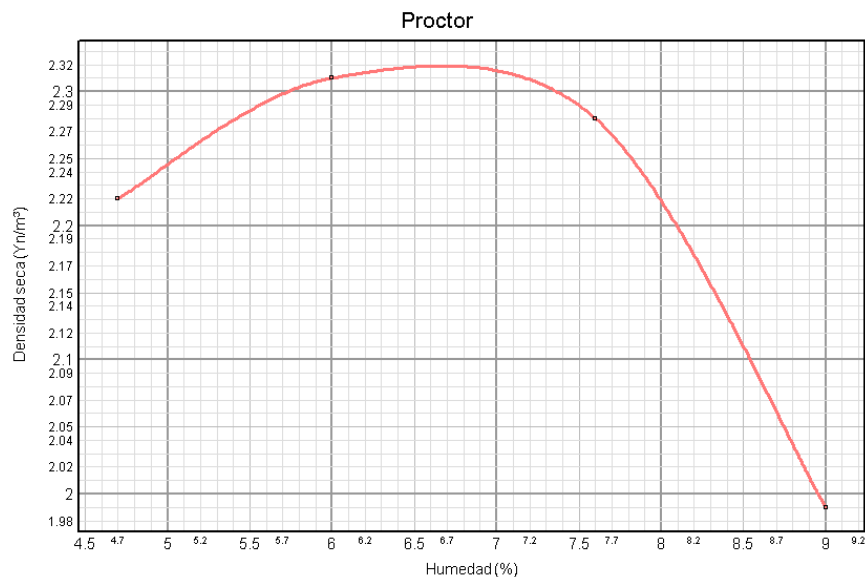


Imagen (24) tomada del Manual de Agua Potable y Alcantarillado



FOTO (63): Autoría Propia

**20.- Instalación de toma domiciliaria hasta 8.00 metros con tubería de 13 mm (1/2") de diámetro de pead rd-17 de 7.5 kg/ cm<sup>2</sup>. Incluye: trazo y nivelación del terreno, demoliciones, excavaciones con perforadora neumática directa (topo) de 75 mm de diámetro, relleno con material de banco (tepetate) y reposición de banqueta.**

Al realizar la excavación de la zanja es posible que se encuentren las mangueras de agua potable, que estarán conectadas a la toma de agua potable de la calle del proyecto, en caso de romper con la maquinaria las mangueras están deberán ser reparadas inmediatamente, para evitar el descontento con los habitantes de la zona, el material utilizado para la reparación será en indicado en el proyecto, en caso de que las mangueras sean arrancadas desde la toma de agua potable, se excavará y en su caso se utilizará el topo mecánico hasta encontrar la unión, se rellenara de tepetate y en dado caso de que se llegará afectar la banqueta en la búsqueda de la manguera esta deberá ser reparada por la contratista.

Las reparaciones de las mangueras dañadas se realizarán con soplete para poder introducir los coplees de unión, y estos quedaran asegurados por cuatro abrazaderas, dos en cada extremo de la toma, para efectos de cobro, en este caso la medida será por toma (pieza), como se muestra a continuación.



FOTO (64): Autoría Propia



FOTO (65): Autoría Propia

**21.-Interconexión a pozo de visita común, incluye: 1.50 m de demolición de muro a base de tabique rojo recocido, reparación de muro, mano de obra, equipo y herramienta.**

Al momento de la demolición de los pozos existentes, es imposible no afectar los conductores que llegan al pozo de visita, estos deberán ser reparados y en se le deberá construir la media caña también, para la reparación de la interconexión se utilizará el material que se indique en el proyecto (foto 66 y 67).

Para efecto de medida, se utilizará pieza (pza), o la que señale el organismo.



FOTO (66): Autoría Propia



FOTO (67): Autoría Propia

#### **IV.-PROBLEMÁTICA PRESENTADA EN LA CONSTRUCCION DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO**

Al comenzar los trabajos de rehabilitación de la red de alcantarillado en la calle 32, no se contaba con planos actualizados de la ubicación de la red de alcantarillado, por lo que fue necesario ir tocando casa por casa preguntando a los habitantes y verificando cual era la ubicación de sus descargas domiciliarias, esto con el fin de hacer el corte de pavimento con precisión y evitar dañar la carpeta asfáltica más de lo necesario.

El proyecto que se nos otorgó era la primera etapa del colector, este se tiene pensado llegar hasta la av. Bordo de Xochiaca en su segunda etapa, la profundidad marcada en el proyecto era mayor a la existente, por lo tanto el tubo nuevo tendría que trabajar a tubo lleno para poder desahogar , es por eso que se trabajó con tubo lleno y con el drenaje en uso, para darle solución se tuvo que conseguir manguera y bomba de 4", para poder achicar el agua en todo momento hacia una tubería más cercana, hacer presas con los costales de yute y tapar las descargas domiciliarias para poder realizar los trabajos.

Se realizaron las tareas de excavación en la zanja donde estaría ubicada la nueva línea de la atarjea, pero el tubo existente era casi más grande que la zanja que se tenía contemplada en el proyecto, el diámetro de campana de la tubería existente era de 1.20, y la zanja que marcaba el terreno era de 1.22, de tal manera que el borde de la zanja se colapsaba al sacar el tubo existente( foto 68 y 69), en un principio se pensó meter un ademe metálico que detuviera las paredes de la zanja, pero debido a que la calle era muy angosta no se podía meter ninguna máquina que cargara el peso del ademe, además durante el proceso de la excavación era peligroso meter camiones de carga que pudieran retirar el material producto de excavación ya que estos se podrían hundir fácilmente, por lo tanto este se tuvo que banquear en las esquinas de la calle para poder ser retirado después, lo que causo algunos inconvenientes entre los vecinos, para resolver este problemas se tuvo que tener un mejor control y planeación de los vehículos de carga y el horario de la

retroexcavadora, ya que no se podía dejar el producto de la excavación mucho tiempo, ese mismo día en el que se extraía debía ser retirado.



FOTO (68): Autoría Propia



FOTO (69): Autoría Propia

La solución que se tomó para los caídos fue apuntalar con tablaestacas, se metieron polines a cada metro para poder detener los caídos, pero la fuerza de la tierra cuando colapsaba era mayor, se redujo la distancia entre las estacas, pero aun así no lo contenía, además que los polines estorbaban para realizar los trabajos de afine y meter la nueva tubería dentro de la zanja.

Se determinó, por seguridad de los trabajadores hacer la zanja más grande se cortó, demolió y excavo a 2 metros de ancho, esto hizo que se aumentaran los costos de varios conceptos, pero se avanzó más rápido, ya que con las estacas estorbando se avanzaba de un tubo por día, y al dejar que el terreno colapsara se metían dos tubos diarios (12m) de avance.

En el caso de las descargas domiciliarias había algunas que pasaban por encima de jardineras o árboles, como son elementos los cuales no se pueden tocar, se resolvió que nada más se llegara al borde de los árboles o las jardineras y ahí se hiciera la conexión con el albañal existente, esto con dicho consentimiento del organismo supervisor.

## **VII.- CONCLUSIONES**

En este proyecto se ven involucradas diferentes áreas de la ingeniería como lo son: la planeación, geomática, hidráulica, mecánica de suelos, movimiento de tierras, construcción, pavimentos, entre otras.

Este tipo de obras son muy completas, debe de haber una estricta planeación, y estar atento todo el tiempo de los procesos de construcción, aunque no es una obra muy grande la experiencia adquirida en este tipo de proyectos es muy rica en conocimientos y toma de decisiones, se debe de tener cuidado con las pendientes de la tubería en todo momento ya que un fallo por milímetros podría ser catastrófico para el correcto funcionamiento de la misma y afectaría enormemente de manera económica.

Además, el ensamblado tanto de la línea de atarjea como de las descargas domiciliarias de ser totalmente hermético, ya que una mala colocación y construcción de las mismas puede provocar posibles fallos en la estructura del material, esto por la filtración de agua y residuos sólidos, lo que ocasionaría un colapso nuevamente en la tierra y en la carpeta asfáltica.

La nueva línea de atarjea le da una mejor captación y conducción de las aguas residuales en la calle 32 y segunda avenida ubicada en la colonia del Sol, la primera etapa de la construcción de este colector se dio satisfactoriamente, y funcionando a la perfección, se cumplió la meta de beneficiar a 600 habitantes.

Este trabajo escrito servirá como referente en cualquier obra de alcantarillado con características semejantes a la antes mencionada, recordándole al ingeniero civil que cada obra es diferente (en la ejecución) y en ella se presentan diferentes problemáticas (sociales, técnicas, etc.), pero este escrito le da al ingeniero civil un extenso panorama sobre lo que se debe conocer sobre este tipo de obras y da posibles soluciones a los inconvenientes que puedan ocurrir durante su planeación, ejecución y desarrollo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1.- MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO: Alcantarillado sanitario

Autor: Comisión Nacional del Agua

Insurgentes sur No. 2416 Col. Copilco El Bajo

C.P. 04340, Coyoacán, México D.F.

Editor: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

2.- APUNTES DE HIDRÁULICA II, Gilberto Sotelo Ávila, UNAM, Facultad de Ingeniería

División de Ingeniería Civil, Topografía y Geodésica, Departamento de Hidráulica.

3.- [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx) ANUARIO ESTADÍSTICO Y GEOGRÁFICO DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS 2014.

4. - HANDBOOK OF PVC PIPE, Design &Construction, Uni-Bell PVC Pipe, Association, 4a Edition.

### **NORMAS MEXICANAS APLICABLES**

- a) NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-002- SEMARNAT-1996
- b) NORMA N.CMT.4.05.001/00 DE LA SCT
- c) NRF- 026- PEMEX-2008.- PROTECCIÓN CON RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS PARA TUBERÍAS ENTERRADAS Y/O SUMERGIDAS.
- d) NMX-B-177-1990.- TUBOS DE ACERO CON O SIN COSTURA, NEGROS Y GALVANIZADOS POR INMERSIÓN EN CALIENTE.
- e) NORMAS PARA LA CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE CARRETERAS Y AUTOPISTAS 3.01.01 SCT.
- f) NORMAS PARA LA CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE CARRETERAS Y AUTOPISTAS 3.01.02 SCT.
- g) NORMAS PARA LA CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE CARRETERAS Y AUTOPISTAS. ESTRUCTURAS Y OBRAS DE DRENAJE 3.01.02 SCT.
- h) NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-CONAGUA-1995.