



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

## CURSOS INSTITUCIONALES

# CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE REDES HIDRÁULICAS

Del 04 al 24 de Noviembre de 2004

### *APUNTES GENERALES*

CI - 162

Instructor: Ing. Jorge Luis Grajales Escarpulli  
DELEGACIÓN IZTAPALAPA  
NOVIEMBRE DE 2004



**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNAM**

**CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE REDES HIDRÁULICAS.**

<b>Módulo II:</b> Construcción de Redes Hidráulicas.	10 Hrs.
<b>Módulo III:</b> Operación de Redes Hidráulicas.	10 Hrs.
<b>Módulo IV:</b> Mantenimiento Preventivo y Correctivo de las Redes Hidráulicas.	10 Hrs.

**Duración de los Módulos: 30 Horas**

**Periodo total de impartición del Módulo:**  
Del 04 al 24 de Noviembre de 2004.



**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNAM**

**CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE REDES HIDRÁULICAS.**

**Módulo II: Construcción de Redes Hidráulicas.**

**Duración del Módulo: 10 Horas.**

1. DATOS HISTÓRICOS.
2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA RED HIDRÁULICA.
3. TÉCNICAS BÁSICAS DE CONSTRUCCIÓN.
4. INSTALACIÓN DE LA RED PRIMARIA.
5. INSTALACIÓN DE LA RED SECUNDARIA.

**Periodo total de impartición del Módulo:**  
Del 04 al 10 de Noviembre de 2004.

**Nombre del Capacitador:**  
Ing Jorge Luis Grajales Escarpulli.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	3
<b>1. DATOS HISTÓRICOS</b> .....	4
<b>2. CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>	
<b>DE LA RED HIDRÁULICA</b> .....	10
<b>3. TÉCNICAS BÁSICAS DE CONSTRUCCIÓN</b> .....	16
<b>4. INSTALACIÓN DE LA RED PRIMARIA</b> .....	21
<b>5. INSTALACIÓN DE LA RED SECUNDARIA</b> .....	33
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	38

---

---

## INTRODUCCIÓN

Conceptos básicos:

Los sistemas hidráulicos urbanos son elementos que permiten a la autoridad de una ciudad prestar los servicios de abastecimiento de agua potable, recolección, transporte y alejamiento de las aguas residuales y tratamiento de las aguas servidas mediante un sistema de saneamiento, para lo cual requieren diversas etapas para su concepción, realización física y prestación directa del servicio. Estas etapas son planeación, diseño o proyecto, construcción, operación y mantenimiento.

En cada modulo deberán describirse los antecedentes, características y metodología básica de cada tema. La finalidad de esta descripción es el conocimiento por parte del personal de la delegación de las habilidades y actividades necesarias para el manejo de estos sistemas.

Al concluir los módulos los asistentes deberán tener un conocimiento básico de los siguientes aspectos.

- Evolución histórica de la infraestructura hidráulica urbana.- para comprender la importancia de la prestación de este servicio a la comunidad.
- Características básicas de los sistemas hidráulicos urbanos.- para comprender todos los elementos que integran estos sistemas y que están relacionados entre si.
- Procedimientos de construcción.- conocer los fundamentos técnicos de la construcción de estos sistemas y la importancia del control de calidad del proceso.
- Procedimientos de operación.- conocer los fundamentos técnicos de la operación de estos sistemas y la relevancia de el control y documentación de estos procedimientos.
- Procedimientos del mantenimiento.- conocer los fundamentos técnicos del mantenimiento de estos sistemas y la importancia de estas acciones en la vida útil y en los costos totales de la infraestructura.

**OBJETIVO GENERAL:**

Que los participantes apliquen en forma personal y grupal los conocimientos, habilidades y actividades básicas para contribuir al logro de los objetivos del Programa General de Desarrollo del Gobierno del Distrito Federal y del Programa de Gobierno de la Delegación Iztapalapa 2003-2006, así también como adquirir los conocimientos básicos y las técnicas para la construcción, operación y el mantenimiento de las redes hidráulicas que existan en la delegación.

## 1. DATOS HISTÓRICOS

### NECESIDAD DEL ABASTECIMIENTO DEL AGUA.

Desde sus orígenes la humanidad ha buscado un cuerpo de agua cercano a su lugar de residencia, esto no es casual sino que responde a la necesidad del ser humano recibir un cierto volumen de agua diariamente para sus actividades cotidianas.

La necesidad primaria del abastecimiento de agua se debe a la necesidad fisiológica del cuerpo humano de reponer los volúmenes de líquidos perdidos en su actividad.



FIGURA 1. AGUA EN EL CUERPO HUMANO

**El adulto contiene agua en su organismo en un 70% promedio.**

Algunos ejemplos de los porcentajes de contenido de agua en el cuerpo son:

- Tejido nervioso 84%
- Hígado 73%
- Músculos 77%
- Piel 71%
- En los fluidos biológicos, tales como la saliva, plasma y jugos gástricos, el contenido de agua es hasta de 99.5 por ciento.

La reducción de estos porcentajes resulta en trastornos físicos que generan la deshidratación.

- **Una pérdida de agua del 15% produce graves trastornos.**

La concentración de la población en cantidades cada vez mayores en un solo sitio permitió la creación de las ciudades y con ello una creciente demanda de agua en estos centros de desarrollo urbano.

De manera paralela al crecimiento de las ciudades se tiene el desarrollo de sistemas de abastecimiento de agua y de desahogo de las aguas residuales resultantes. En la actualidad se tiene el concepto de sistemas hidráulicos urbanos compuestos por el suministro de agua, el sistema de alcantarillado sanitario, el sistema de drenaje pluvial y el saneamiento.

## ANTECEDENTES DEL ABASTECIMIENTO DEL AGUA EN EL VALLE DE MÉXICO

La ciudad de México antigua Tenochtitlan en sus orígenes, en el siglo XIV, empleaba un sistema de acueductos para llevar agua de manantial desde el sur de la Cuenca de México hasta la ciudad situada en tierra ganada al lago de la cuenca lacustre del valle.

En la época colonial los españoles reconstruyeron estas conducciones que llevarían agua desde los manantiales hasta mediados del siglo XIX.

En 1846 se descubre el agua subterránea y se inicia la explotación del subsuelo mediante pozos, provocando que los manantiales se secan dando inicio a la consolidación de los estratos arcillosos de la cuenca, generándose el hundimiento característico en la ciudad sobre todo en las 6 primeras décadas del siglo XX.

Existen estimaciones de que el hundimiento en los últimos cien años alcanzó un promedio de 7.5 metros en la zona metropolitana, que afectó de manera significativa a las edificaciones y sistemas de tuberías en la ciudad. Ante esta situación en la década de los 40, se construye el sistema Lerma para complementar el abastecimiento a la Ciudad de México. En 1941 se inició la construcción de un acueducto de 15 kilómetros, para trasladar agua desde los pozos de la cuenca del río Lerma, sobre el parteaguas con la Sierra de las Cruces.

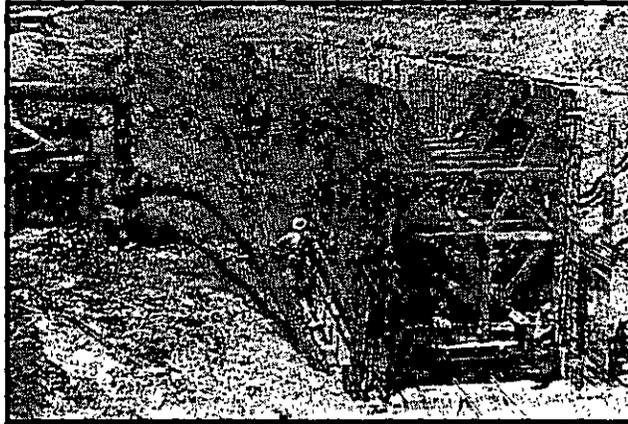


FIGURA 2. OBRAS DEL SISTEMA LERMA  
CONSTRUCCIÓN DE LA GALERÍA DE CAPTACIÓN EN  
ALMOLOYA DEL RÍO, EDO. DE MÉXICO

En 1981 la explotación se realizaba mediante 1,366 pozos que incluían el área urbana y la cuenca del valle de Lerma, aportándose el 68 % del acuífero del Valle de México.

En estas fechas la infraestructura hidráulica se complementaba con 282 Km. de conducción mediante tuberías de gran diámetro, 174 tanques de regularización 540 Km. de tuberías de red primaria y 11,700 Km. de red secundaria.

Para su funcionamiento se requerían en la década de los 80, de 84 plantas de bombeo, así como de 5 plantas de potabilizadoras con una capacidad instalada de 1,170 litros por segundo.

En 1982 se dio inicio el proyecto Cutzamala, para transferir agua superficial desde la cuenca del río del mismo nombre hacia el área urbana del valle de México, a una distancia de 127 kilómetros y con un desnivel de 1,200 metros aproximadamente.

Hacia principios del siglo XXI la zona metropolitana de la ciudad de México recibía aproximadamente 60 metros cúbicos por segundo, tanto para el Distrito Federal como para los municipios conurbados del Estado de México. Entre las autoridades de estas dos entidades federativas se tenían 1,089 pozos registrados, a profundidades que van de 70 a 200 metros. Adicionalmente se tienen pozos de mayor profundidad, operados por la Comisión Nacional del Agua.

El agua extraída de las cuencas del Cutzamala y el Lerma es de un 26 por ciento del abastecimiento total. El agua superficial de la Cuenca del Valle de México contribuye sólo con alrededor del 2 por ciento del orden de 1.4 metros cúbicos por segundo.

### ANTECEDENTES DEL ALCANTARILLADO A NIVEL INTERNACIONAL.

Los siguientes son los eventos más relevantes en el desarrollo histórico de los sistemas de alcantarillado en la sociedad occidental.

1.- Antigüedad hasta la caída de Roma.-

Se realiza la instalación de drenajes públicos para agua de lluvia.

2.- 1805.

Estados Unidos de América.- Construcción del primer colector de gran tamaño para la ciudad de Nueva York.

3.- 1815

Inglaterra.- Se permite la descarga de excreta en las alcantarillas de Londres.

4, 1833

Francia.- Se inicia la construcción de los grandes colectores de París.

5.- 1842.-

Alemania.- Construcción del alcantarillado de Hamburgo.

6.- 1847 -

Inglaterra.- Se forma en Londres la Comisión del Alcantarillado Metropolitano como una de las primeras instituciones para atender el alcantarillado de una ciudad.

### ANTECEDENTES DEL ALCANTARILLADO EN EL VALLE DE MÉXICO.

1.- 1449.-

México prehispánico.- Netzahualcoyotl rey de Texcoco, construyó la primera obra hidráulica consistente en un dique o albarradon con una longitud de 1 6 Km., que se extendía desde el cerro de la Estrella en Iztapalapa hasta Atzacolco, pasando por el cerro del Peñón.

2.- Época Virreinal.- (Siglos XVI - XVIII)

Se construye el dique de San Cristóbal que cerró la parte por la cual derramaban sus aguas las lagunas de Zumpango, Xaltocan y San Cristóbal al lago de Texcoco.

3.- 1604 - 1607

Se presentan grandes inundaciones en la ciudad de México, se hace evidente la necesidad de cambiar el compartimiento hidrológico del valle de México.

La característica principal de este valle es que es una cuenca natural cerrada, por lo que se busca dar salida a las aguas excedentes provenientes de la

precipitación. La primera obra para cumplir este objetivo es el túnel de Nochistongo que se termina en 1608, pero que se inutiliza por derrumbes a pocos meses de su conclusión.

4.- 1626 – 1631

Se presentan inundaciones en la ciudad de México, con el fallecimiento de 30,000 personas aproximadamente.

5.- 1789

El túnel de Nochistongo es transformado en tajo o canal, después de 160 años de construcción, lográndose dar salida permanente a las aguas del río Cuautitlán.

6.- 1856

Se aprueba e inicia la construcción de Gran Canal de Desagüe y del túnel de Tequisquiac.

7.- 1900

Se terminan las obras iniciadas en 1856, con lo que se logra una segunda salida de las aguas de la cuenca cerrada del valle de México.

8.- 1940 – 1946

Se construye un nuevo túnel en Tequisquiac con lo cual se presentaba la tercera salida de la cuenca del Valle de México comunicando la con la cuenca del río Moctezuma, afluente del río Pánuco que desagua en el Golfo de México a la altura del Puerto de Tampico.

9.- 1930 - 1951

El alcantarillado de la ciudad de México se fue haciendo inadecuado por dos aspectos relevantes:

a.- resulta insuficiente por el crecimiento urbano registrado, y

b.- se presentan problemas de operación por el hundimiento de la ciudad.

10.- 1952 - 1958

Se inicia la construcción de obras para evitar las inundaciones como nuevos colectores y plantas de bombeo.

11.- 1958 - 1964.-

Se construye el interceptor poniente y la planta de bombeo Aculco.

12.- 1971

El 9 de noviembre de 1971 se crea la Comisión Técnica de Supervisión para las obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal.

13.- 1975

Se pone en funcionamiento el Sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México. Se programan etapas subsecuentes de este sistema.

14.- 1994

Se inicia la participación del sector privado en la administración de los sistemas hidráulicos del Distrito federal, teniendo como actividades relevantes, el levantamiento de las redes existentes, la modernización del sistema de medición del consumo y la implantación de programas de detección de fugas.



FIGURA 3. HIDROLOGÍA DEL VALLE DE MÉXICO EN LA ÉPOCA PREHISPÁNICA

## 2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA RED HIDRÁULICA

### COMPONENTES DE UN SISTEMA HIDRÁULICO URBANO.

Uno de los servicios relevantes en cualquier ciudad es el relativo a las redes hidráulicas, constituyendo un factor de desarrollo económico y social determinante para sus habitantes.

En la actualidad se pueden definir como sistemas hidráulicos urbanos a los siguientes elementos:

- 1.- SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.
- 2.- SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
- 3.- SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.
- 4.- SANEAMIENTO.-

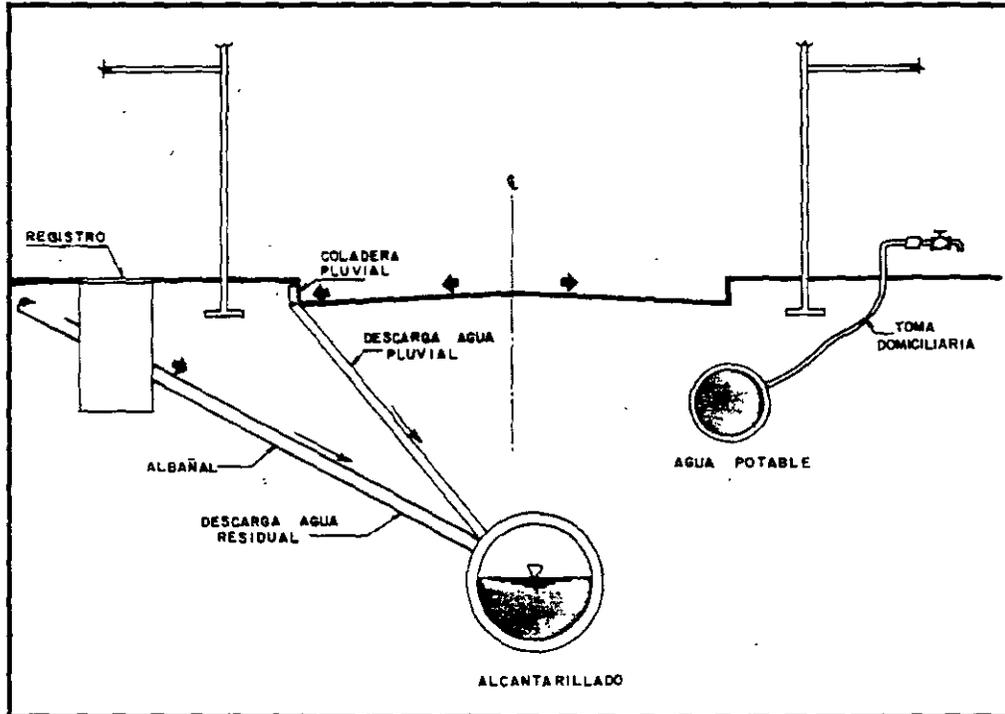


FIGURA 4. ELEMENTOS DE LOS SISTEMAS HIDRÁULICOS URBANOS

## SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.

El sistema de abastecimiento de agua tiene la finalidad suministrar un volumen de agua a una localidad, en cantidad y calidad para satisfacer las necesidades de sus habitantes.

La cantidad del agua a suministrar estará en función directa del número de habitantes a atender. La calidad deberá ser potable, es decir que las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua no estén en una concentración tal que afecten al ser humano.

Los elementos que integran el sistema de suministro de agua a una localidad son:

1. CAPTACIÓN
2. CONDUCCIÓN
3. REGULARIZACIÓN
4. DISTRIBUCIÓN
5. POTABILIZACIÓN

## SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.- CAPTACIÓN.

La captación permite desviar del ciclo hidrológico un cierto volumen de agua, para destinarlo a una localidad. Las captaciones se pueden clasificar de acuerdo al tipo de fuente de abastecimiento que participa en el desvío. Las principales captaciones son:

### AGUAS SUPERFICIALES

PRESAS DE ALMACENAMIENTO Y DERIVACIÓN  
PRESAS DERIVADORAS  
DERIVACIONES DIRECTAS

### AGUAS SUBTERRÁNEAS

POZOS SOMEROS  
POZOS PROFUNDOS

Otros tipos de captación de menor frecuencia de uso son:

CAPTACIÓN DE AGUAS METEÓRICAS (LLUVIA)  
CAPTACIONES DE ZONAS DE ALTA PERMEABILIDAD  
COMO SUBÁLVEOS  
DESALACIÓN O CAPTACIÓN DE AGUAS MARINAS

En la ciudad de México se tienen como captaciones mas frecuentes las presas de almacenamiento y los pozos profundos.

**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.- CONDUCCIÓN.**

La conducción permite llevar el agua desde donde existe en el ciclo hidrológico hasta donde será consumido por la población. Los elementos que integran una conducción serian:

**CONDUCTOS**

1. CANALES
2. TUBERÍAS

**ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS**

3. CONTROL DE FLUJO
  - a. VÁLVULAS
  - b. COMPUERTAS
4. CONTROL DE SEDIMENTOS
  - c. VÁLVULAS DE DESFOGUE
5. CONTROL DE AIRE
  - d. VÁLVULAS DE ADMISIÓN
  - e. VÁLVULAS DE EXPULSIÓN
6. DISPOSITIVOS DE ALIVIO DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS
7. ELEMENTOS DE CRUCE
  - f. SIFONES
  - g. PUENTE CANAL
  - h. TÚNELES
8. CONECTORES
  - i. JUNTAS
  - j. CODOS
  - k. TEE O YEE

**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.- REGULARIZACIÓN.**

Este elemento permite adecuar lo que entra a la ciudad, a través de conducciones y bombeos con lo que sale hacia los habitantes de la localidad.

Los tipos principales de esta componente del sistema son:

1. TANQUES SUPERFICIALES
2. TANQUES ELEVADOS

Adicionalmente se cuenta con la fontanería de entrada y salida al tanque. En la entrada se tienen dispositivos de control para cerrar el acceso del agua al tanque en el momento que alcanza sus niveles máximos de diseño.

En la salida se tienen válvulas de seccionamiento para permitir reparaciones en la línea de alimentación hacia la red.

#### SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.- DISTRIBUCIÓN.

Esta componente permite poner el a disposición del usuario dentro o cerca de su domicilio. En una red urbana sería dentro del domicilio, en una red de una localidad semi urbanizada sería hasta un sitio cercano mediante un hidrante o toma pública.

Los elementos principales que integran este sistema son:

1. CONDUCTOS (TUBERÍAS)
2. CAJAS DE VÁLVULAS
3. VÁLVULAS
4. CRUCEROS
5. TOMAS DOMICILIARIAS

#### SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.- POTABILIZACIÓN.

Es el elemento del sistema de suministro de agua que permite mejorar la calidad del agua antes de ser entregada al usuario por el sistema de conductos.

Los procesos básicos de potabilización serían.

1. Sedimentación
2. Floculación
3. Filtrado
4. Cloración

### SISTEMA DE ALCANTARILLADO.

El sistema de alcantarillado tendrá la finalidad de recolectar, transportar, alejar y depositar en un sitio de vertido, las aguas que se encuentren en el área urbana. Estas son de dos tipos: residuales y pluviales.

El sistema puede darse de manera separada o combinada. En el sistema separado existe un sistema de conductos para cada tipo de agua. En el sistema combinado se mezclan los dos tipos.

### ALCANTARILLADO PARA AGUAS RESIDUALES.

Este sistema permite recolectar, transportar, alejar y depositar en un sitio de vertido, las aguas residuales o servidas, que son consecuencia del uso del agua potable, por parte de los habitantes de la localidad,

Una de las características que tiene este sistema es que su tamaño es directamente proporcional al número de habitantes de la localidad. Es decir a mayor población necesidades mayores del servicio de alcantarillado.

Las principales componentes del sistema son:

#### **CONDUCTOS**

1. ATARJEAS
2. SUBCOLECTORES
3. COLECTORES
4. EMISOR

#### **ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS**

5. POZOS DE VISITA
6. CAJAS DE VISITA
7. PLANTAS DE BOMBEO
8. LAGUNAS DE REGULACIÓN
9. ESTRUCTURAS DE DESCARGA

## ALCANTARILLADO PARA AGUAS PLUVIALES.

Este sistema permite recolectar, transportar, alejar y depositar en un sitio de vertido, las aguas pluviales, que son de la lluvia en una cuenca urbana.

Una de las características que tiene este sistema es que su tamaño no esta relacionado con el número de habitantes de la localidad. Es decir los factores que determinan la necesidad de este servicio de alcantarillado son:

1. **MAGNITUD DE LA PRECIPITACIÓN**
2. **INTENSIDAD DE LA PRECIPITACIÓN**
3. **ÁREA DE LA CUENCA**
4. **PENDIENTE DE LA CUENCA**
5. **PERMEABILIDAD DEL SUELO**

Las principales componentes del sistema son:

### **CONDUCTOS**

1. ATARJEAS PLUVIALES.
2. SUBCOLECTORES PLUVIALES.
3. COLECTORES PLUVIALES.
4. EMISOR PLUVIALES.

### **ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS**

5. POZOS DE VISITA
6. CAJAS DE VISITA
7. PLANTAS DE BOMBEO
8. TANQUES DE TORMENTA
9. POZOS DE ABSORCIÓN
10. ESTRUCTURAS DE DESCARGA

### 3. TÉCNICAS BÁSICAS DE CONSTRUCCIÓN

#### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

La construcción es la realización física de un proyecto. La definición de las actividades que comprende una obra se define como procedimiento constructivo.

El proceso de construcción tiene dos vertientes:

1.-Actividades normalizadas.- existen actividades que se realizan de manera rutinaria en todas las obras. Las diferentes instituciones involucradas en la construcción han definido de acuerdo a sus necesidades el método y características de cada actividad, determinándose las especificaciones o normas de construcción para este fin.

2.- Actividades del residente.- existen otras actividades que se requiere modificar en campo, atendiendo a condiciones especiales encontradas en obra como obstáculos, tipo de terreno considerado en el proyecto, falta de previsión del proyectista en cuanto al proceso constructivo entre otras.

En este caso deberá justificarse ampliamente la decisión del ingeniero residente por dos aspectos: que la modificación mejore el resultado de la obra, y que su impacto económico en el presupuesto sea razonable, para no encarecer innecesariamente el proyecto y para no tener conflictos con supervisión y contraloría.

#### PLANEACIÓN GENERAL DE OBRA.

Antes de iniciar cualquier trabajo de construcción, se deberá de acuerdo a la magnitud de la obra una planeación de las acciones a emprender que comprenderán los siguientes aspectos:

1.- PROGRAMA DE TRABAJO.- Establecer la duración estimada de cada actividad a realizar y plasmarla en una representación grafica como un diagrama de barras. Asimismo se pueden establecer holguras en ciertas actividades de acuerdo a las necesidades de la institución y de la administración y supervisión del proyecto.

2.- CAMPAMENTO DE OBRA.- Establecer el sitio donde se ubicaran oficinas y almacenes que permitan las actividades de construcción involucradas. Los criterios de selección de su ubicación serán: cercanía a la obra, disponibilidad de terreno, accesos o facilidad de implementarlos y afectaciones a la comunidad.

El tamaño de estas acciones será de acuerdo a la magnitud del proyecto, si son pequeñas obras podría no requerirse un campamento específico y diariamente llevar a zona de trabajo los insumos y equipo requeridos.

En caso de ser una obra de cierta magnitud será necesario implementar este campamento para evitar tiempos muertos de obras en espera de materiales y equipo.

3.- PROGRAMA DE ADQUISICIONES.- Es necesario establecer que materiales o equipo necesita adquirir la dependencia o institución para poder iniciar en tiempo la construcción correspondiente. Los tiempos que los proveedores tardan en surtir un pedido deberán considerarse en los programas de trabajo.

4.- PERSONAL REQUERIDO.- Es necesario la integración de plantillas de trabajadores para las actividades correspondientes, ya sea personal usual o especializado. En ciertos trabajos se requiere la participación de personal de obra especializado fuera de la institución por lo que deberá considerarse en un programa de personal calendarizado.

5.- PROGRAMA DE EQUIPO NECESARIO.-Asimismo es necesario el desglose en una lista de chequeo del equipo requerido por las plantillas de trabajadores de acuerdo a las actividades a realizar. Este equipo puede ser usual o especial. En ciertos trabajos se requiere la renta o adquisición de equipo especial por lo que deberá considerarse en un programa de equipo calendarizado.

#### CONTROL GENERAL DE OBRA.

- 1.- CONTROL DE CALIDAD
- 2.- CONTROL DE AVANCES

#### ACTIVIDADES BÁSICAS EN OBRAS DE REDES HIDRÁULICAS.

##### 1.- DESMONTE Y DESPALME.

En zonas donde exista vegetación y una cubierta de tierra donde se realizan labores agrícolas o crecimiento de plantas, deberá primeramente quitarse la maleza en un ancho mayor de las zanjas para permitir tener un área de maniobras suficiente de acuerdo al tamaño de la tubería,

Adicionalmente se retirara la capa de tierra que pudiera contener raíces de pequeño tamaño, para dejar el terreno preparado para el trazo de la red.

## 2.- TRAZO DE LA RED.

Limpieza y trazo de la red. En los sitios donde no exista pavimento, deberán retirarse las piedras y se trazará el ancho de la zanja con cal. En tramos de reparación de tuberías o construcción de tramos pequeños podrá simplificarse el procedimiento de trazo.

En proyectos nuevos donde se indique en el plano las coordenadas de construcción deberá reconstruirse este trazo. Se revisaran las referencias del trazo realizado por el topógrafo para el proyecto para ubicar los puntos de referencia más importantes.

## 3.- RUPTURA DE PAVIMENTOS.

En áreas urbanas se realizara el corte, ruptura y remoción de pavimentos previamente a la excavación de las zanjas. Algunos de los materiales que pueden presentarse en esta actividad son: concreto hidráulico, concreto asfáltico, adocreto, y piedra.

## 4.- ZANJADO.

La excavación de las cepas comprende las actividades a cielo abierto, necesarias para la remoción y extracción de materiales en el terreno formando en el proceso zanjas estables que permitan alojar las tuberías.

Las dimensiones de la zanja son profundidad y ancho y están definidas por las normas de proyecto de acuerdo al tipo de suelo, tipo de tubería y trafico vehicular. Este último aspecto es relevante por la transmisión del peso de los vehículos sobre los estratos superficiales del suelo donde se colocara la tubería.

PESO DEL VEHÍCULO "W"

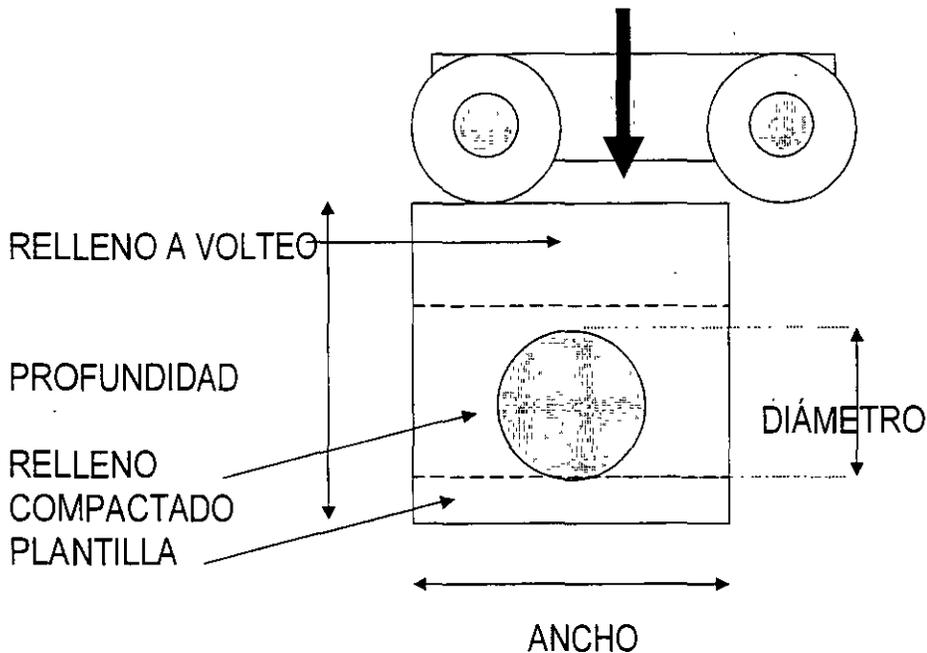


FIGURA 5. CARACTERÍSTICAS DE LAS ZANJAS

La actividad incluye las operaciones necesarias para amacizar, afinar y limpiar la plantilla y taludes de la zanja.

##### 5.- RELLENOS DE ZANJAS

Después de excavarse la cepa, al colocarse la tubería en la misma, se procederá a colocar material de relleno dentro de la zanja hasta cubrir totalmente la excavación hasta el nivel original del terreno natural. Este relleno se realiza en varias capas definiéndose tres principales, la plantilla, el relleno compactado y el relleno a volteo.

Las características y dimensiones de los diversos tipos de relleno dependerán del tipo de sistema de abastecimiento de agua o alcantarillado, del material del ducto, y del material que se encontró en la base de la excavación.

Este relleno se realizará dejando libre la zona de juntas para realizar las pruebas de control de calidad de la instalación sobre todo lo referente a la impermeabilidad.

#### 6.- REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS.

Esta actividad consiste en la construcción de nuevos pavimentos en la zona cercana a la zanja, donde se realizó la ruptura. Los materiales para esta reposición serán iguales a los originales existentes, es decir puede ser concreto hidráulico, concreto asfáltico, adocreto, y piedra.

Previo a la reposición se deberá verificar que la zanja este compactada y no presente la posibilidad de hundimientos, para evitar la formación de depresiones o topes.

#### 7.- SEÑALIZACIÓN VIAL Y DE SEGURIDAD.

Es indispensable que las brigadas de trabajo cuenten con equipo y material para señalizaciones que eviten riesgos al personal que trabaja en las obras y a personas y vehículos que pasan cercanos a la zona.

Estos implementos pueden ser transiconos, fechas de señalamiento, señales de personal trabajando, banderolas, chalecos de seguridad con material reflejante, cintas de seguridad y vehículos de señalización entre otros. Para trabajos nocturnos se requerirá de iluminación especial de seguridad para advertir a transeúntes y vehículos los límites de la zona de trabajo.

## 4. INSTALACIÓN DE LA RED PRIMARIA

### MATERIALES DE LAS TUBERÍAS EMPLEADAS EN REDES HIDRÁULICAS.

Las redes de agua potable y agua tratada construidas en zonas urbanas generalmente son de concreto hidráulico, asbesto cemento, fierro fundido y fierro galvanizado, P.V.C., polietileno de alta densidad ( PAD ), plomo y cobre de acuerdo a las normas de construcción e instalaciones de la Comisión nacional del agua ( CoNAgua ). En la actualidad se construyen con P.V.C. o polietileno de alta densidad ( PAD ), en casos especiales se considera el asbesto cemento, concreto hidráulico presforzado o acero.

En el caso de los sistemas de alcantarillado se tienen tuberías de concreto prefabricada de junta hermética, polietileno de alta densidad ( PAD ) lisa exterior o interiormente y polietileno de alta densidad ( PAD ) corrugada exteriormente.

### CARACTERÍSTICAS DE LA RED PRIMARIA.

Las redes de agua y alcantarillado se dividen por su importancia en red primaria y secundaria. A nivel internacional en Latinoamérica se denomina red primaria de agua a las tuberías que van de tanques de regularización a plantas de bombeo o potabilizadoras. En México se clasifica por el diámetro, se consideran primarias a aquellas cuyo diámetro es de 0.51 m o mayor y secundarias las menores a 0.51 m.

En el caso de alcantarillado es coincidente la clasificación nacional con la latinoamericana, considerando red primaria a los diámetros de 60 cm. o mayores y la secundaria para menores a 60 cm.

### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

La construcción de redes primarias generalmente se realiza por parte de las autoridades estatales o de la conurbación, ya que al ser de mayor diámetro sus costos son altos. Los materiales empleados en estas instalaciones de agua potable son tuberías de concreto presforzado, acero y polietileno de alta densidad. En el caso de alcantarillado las tuberías primarias serían de concreto prefabricado o polietileno de alta densidad.

Los trabajos más comunes para autoridades locales en los municipios y delegaciones son conexiones a redes primarias.

El procedimiento de construcción será fundamentalmente el mismo en las acciones como:

- 1.- DESMONTE Y DESPALME.
- 2.- TRAZO DE LA RED.
- 3.- RUPTURA DE PAVIMENTOS.
- 4.- ZANJADO.
- 5.- RELLENOS DE ZANJAS
- 6.- REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS.
- 7.- SEÑALIZACIÓN VIAL Y DE SEGURIDAD.

La variante principal será la instalación de las tuberías que dependerá del material que se utilice.

#### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.- TUBERÍAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PAD.

A continuación se describe lo relativo a tuberías de polietileno de alta densidad por considerar que es el material que se empleara más comúnmente en las redes urbanas en los próximos años.

#### 1.- CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS PAD.

La industria del polietileno de alta densidad ha logrado fabricar tuberías con características diversas que le permiten competir ampliamente en relación a otras tuberías a base de materiales tradicionales, como asbesto cemento o concreto.

Las características principales de las tuberías de polietileno PAD, son:

- A. HERMETICIDAD
- B. PRODUCCIÓN EN UNA AMPLIA GAMA DE DIÁMETROS
- C. RESISTENCIA A AGENTES QUÍMICOS
- D. FACTORES DE FLUJO
- E. RESISTENCIA AL IMPACTO
- F. FLEXIBILIDAD
- G. LIGEREZA
- H. RESISTENCIA A LA INTEMPERIE
- I. TEMPERATURA
- J. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN
- K. MANTENIMIENTO MÍNIMO
- L. ADAPTACIÓN PARA CONECTAR CON OTROS MATERIALES

Una característica indispensable en cualquier sistema de conducción de agua es la hermeticidad, es decir la capacidad para unir las tuberías permitiendo el sellado en juntas al unir tramos de tuberías y evitar o reducir la aparición de fugas.

Las uniones de tuberías y conexiones de tubería de polietileno PAD se llevan a cabo por medio de termofusión. Este procedimiento permite la unión por calentamiento de los tramos de tubería lográndose una unión monolítica, 100% hermética y de acuerdo a las pruebas de los fabricantes más resistente que la tubería misma.

La industria del polietileno fabrica a nivel nacional tuberías que presentan diámetros nominales desde 13 mm. (1/2") a 900 mm. (36") con diferentes resistencias, asociadas con los espesores de pared.

Un aspecto relevante de las tuberías de polietileno es una baja rugosidad interior, lo cual permite un mejor funcionamiento hidráulico con pérdidas de energía menores que otros materiales.

Adicionalmente presenta resistencia a incrustaciones, por lo que la rugosidad de sus paredes no se modifica significativamente con el tiempo de operación.

Las fracturas de las tuberías debidas a golpes en la carga, el almacenamiento o la instalación se reducen por su resistencia al impacto minimizando el riesgo de pérdidas de material por deterioro.

La tubería construida con este plástico presenta gran flexibilidad, por lo que en la mayor parte de los diámetros de tubería es posible disminuir considerablemente la cantidad de codos para el cambio de dirección dentro de ciertos rangos.

El polietileno en la tecnología de fabricación de tuberías permite adicionar negro humo, substancia que le da un color negro y le da resistencia a la intemperie, sobre todo una protección contra los daños que pudiera causar su exposición a los rayos ultravioleta del Sol.

Todas las tuberías termoplásticas son sensibles a los cambios de temperatura. Su comportamiento define que conforme la temperatura aumenta, la resistencia de la tubería a esfuerzos prolongados disminuye y viceversa. Estas tuberías en conducciones y redes de distribución no se ven sometidas a incrementos notables de temperatura.

Las tuberías de este material presentan una alta resistencia a los agentes químicos que pudieran atacarla, llegando inclusive a ser usada por ciertos ramos de la industria. Loas terrenos agresivos por su composición o con agua salobre no afectan a este material.

Como la tubería plástica no es conductora de electricidad no se presenta la corrosión por electrólisis, ni favorece en crecimiento de microorganismos, ni presenta incrustación por elementos presentes en el agua que se transporta.

Las características de estas tuberías, por el tipo de unión, resistencia química, rugosidad, y durabilidad reducen la posibilidad de fugas en los sistemas hidráulicos, reduciendo los costos de mantenimiento y de afectaciones presentes en fugas de agua. Esto permite racionalizar recursos en el mantenimiento que de cualquier manera se requiere en un sistema hidráulico.

En los sistemas de alcantarillado es el polietileno un material de origen petroquímico cuya característica sobresaliente es contar con una excelente resistencia contra ataques de fluidos ácidos y alcalinos.

Asimismo permite reducir costos de construcción ya que permite tener rapidez en su instalación con personal calificado. El bajo peso facilita extraordinariamente: el transporte, el manejo en obra y su instalación.

En los sistemas de alcantarillado se tienen la posibilidad de usar tubería termofusionada o corrugada con juntas. La segunda es mas usada por su mayor rigidez que en los sistemas de drenaje permite respetar de mejor manera las pendientes de proyecto.

Cuando sea necesario hacer una transición entre diferentes tuberías como polietileno y otro tipo de materiales se dispone de uniones mecánicas como son los adaptadores brindados y de compresión.

## ASPECTOS RELEVANTES DE LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE POLIETILENO (PEAD - PAD) ENTERRADAS.

### TRAZO

Un aspecto importante de estas tuberías es el trazo, ya que por la flexibilidad de la tubería se pueden dar deflexiones directamente con la tubería dentro de cierto rango en función del diámetro.

En el trazo que permita la posterior excavación de la zanja deberá considerarse para dar estas curvaturas, evitando dejar cambios a 90° como en otros materiales como asbesto cemento.

## ZANJADO

Las dimensiones de las zanjas para este tipo de material pueden reducirse con respecto a la empleada en otros materiales a continuación se incluyen las especificaciones de ancho y profundidad que proponen los fabricantes de este tipo de tubería.

La termofusión puede realizarse a un lado de la zanja lo que permite junto a la flexibilidad y ligereza de la tubería de polietileno PAD permite menos excavaciones en comparación a otros materiales.

Uniando la tubería en la superficie, las zanjas son más angostas, hasta donde el tipo de suelo lo permita.

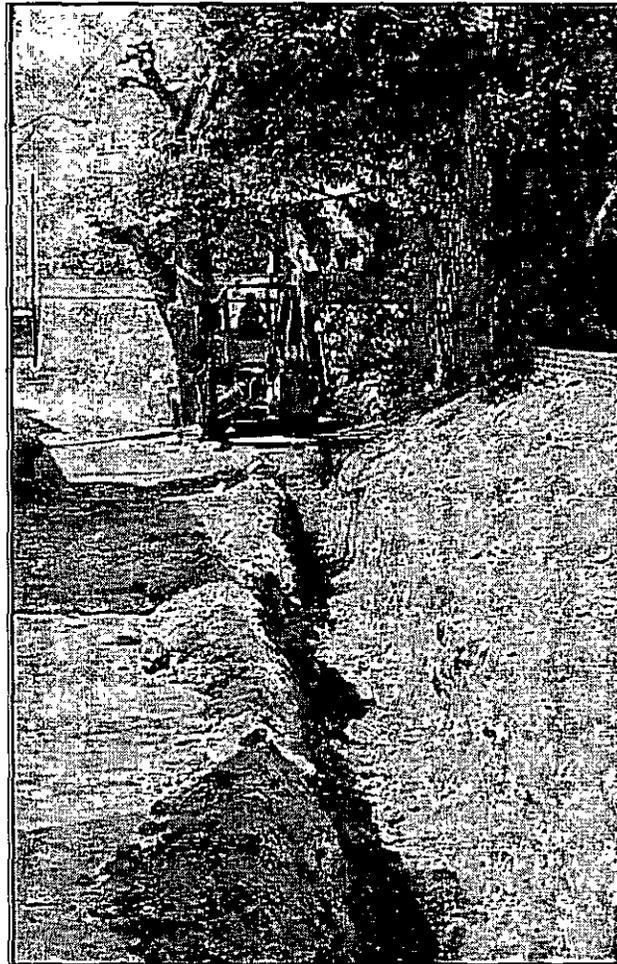


FIGURA 6. EXCAVACIÓN DE ZANJAS.

### ANCHO DE LA ZANJA

La excavación deberá ajustarse a las especificaciones particulares del proyecto, para disminuir los volúmenes de trabajo por el concepto de excavación.

El ancho de la trinchera se recomienda como mínimo el diámetro del tubo más 10 cm. de cada lado. Es indispensable que a la altura del lomo del tubo, la zanja tenga realmente como máximo el ancho de zanja propuesto por los fabricantes, pasando de este punto bien se puede ampliar según el ángulo de reposo del material.

A continuación se presenta la propuesta de los fabricantes de estas tuberías, en cuando a dimensiones de la zanja, corresponderá a cada dependencia definir la aplicación de esta recomendación y reducir los volúmenes de excavación con respecto a otros materiales.

DIAMETRO NORMAL DE TUBERIA		ZONA SUB-URBANA			ZONA URBANA		
mm.	PULG.	ANCHO	PROF.	VOL.xm.	ANCHO	PROF.	VOL.xm
250	10	30m	30m	900m	30m	60m	180m
150	6	.35	.35	.122	.35	.65	.227
200	8	.40	.40	.160	.40	.70	.280
250	10	.45	.45	.202	.45	.75	.337
300	12	.50	.50	.250	.50	.80	.400
350	14	.55	.55	.302	.55	.85	.467
400	16	.60	.60	.360	.60	.90	.540
450	18	.65	.65	.422	.65	.95	.617
600	24	.80	.80	.640	.80	1.10	.880
900	36	1.10	1.10	1.21	1.10	1.40	1.54

FIGURA 7. DIMENSIONES DE LAS ZANJAS TIPO

Las condiciones y características de la zanja se justifican en el análisis estructural correspondiente para evitar la deformación de la tubería.

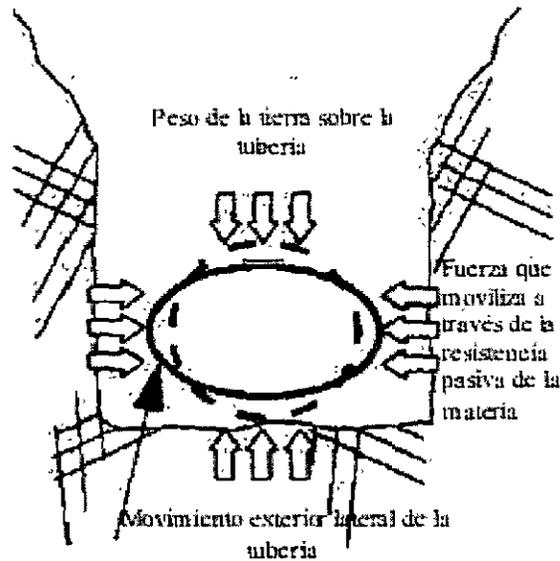


FIGURA 8. EMPUJES EN LAS ZANJAS.

### JUNTEO DE TUBERÍAS DE POLIETILENO

La unión de tuberías de polietileno PAD, se puede realizar mediante uniones de transición y uniones permanentes.

Las uniones de transición son de tipo mecánico y son para diámetros pequeños como en red secundaria.

Las uniones permanentes son por termofusión, esta es una de las características más importantes de la tubería de polietileno de alta densidad y alto peso molecular. La termofusión, permite un sistema de unión con una hermeticidad total, formándose un tramo continuo monolítico, y una junta más resistente que la misma tubería. Esto es debido a que se fortalece su orientación molecular al llevarse a cabo este procedimiento.

La termofusión consiste en calentar ambos extremos de la tubería para incrementar la temperatura hasta alcanzar el grado de fusión del polietileno. Asimismo se tiene una presión controlada entre ambos extremos, se logra una unión monolítica totalmente hermética. No es posible con algún producto químico pegar o cementar este tipo de tuberías.



FIGURA 9. PROCEDIMIENTO DE TERMOFUSIÓN

Existen tres métodos para hacer la unión por termofusión

1. Unión de Tuberías de PE a Tope por Termofusión
2. Procedimiento para hacer uniones por Termofusión de Manguitos (socket)
3. Procedimiento para hacer Uniones con Silletas por Termofusión

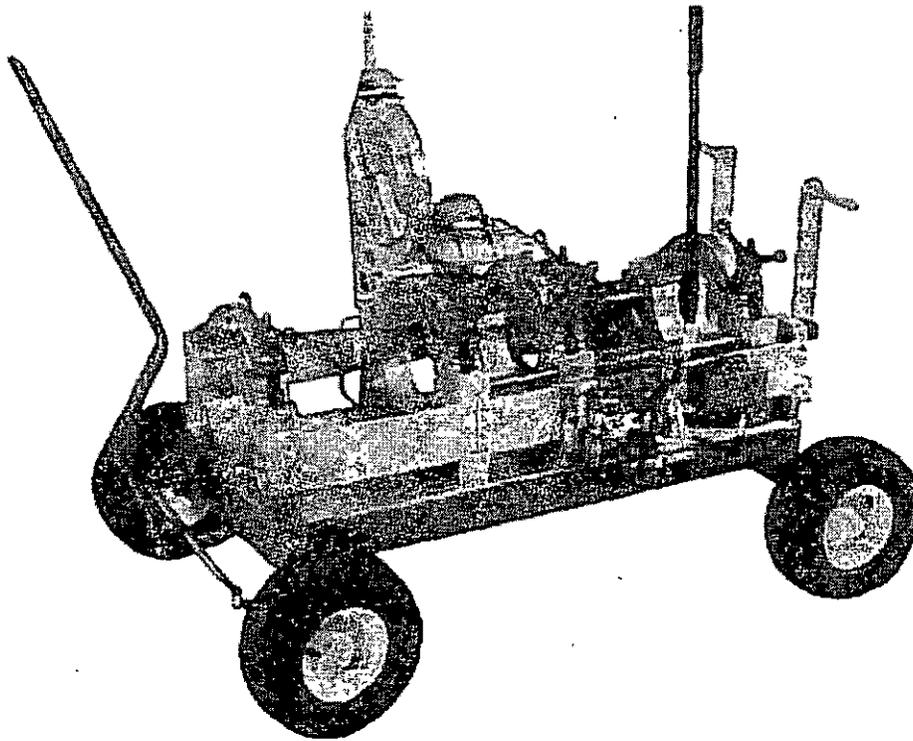
#### Termofusión Tipo: Tope

1. El ciclo de calentamiento se inicia al generarse un anillo de material fundido en la circunferencia del tubo o conexión a unir.
2. El ciclo de enfriamiento es el tiempo que el tubo o conexión permanecerá montado sobre el equipo de termofusión.
3. La temperatura del calentador será de  $240^{\circ} \text{C} \pm 20^{\circ} \text{C}$

Se utiliza un calentador para producir la plastificación del material, luego se retira dicha herramienta y se unen los extremos aplicando una presión adecuada al tipo de unión que estemos realizando. Los parámetros básicos son: Temperatura del calentador o plancha calentadora, cumplir el tiempo de calentamiento y presión (de calentamiento y unión).

**HERRAMIENTAS REQUERIDAS**

- Carro de fusión a tope (alineador)
- Calentador según diámetro.
- Caja Portacalentador
- Escuadrador Universal
- Manual de Instalación\*
- Reloj o Cronómetro
- Indicador de Temperatura
- Adaptadores Varios Diámetros

**FIGURA 10. CARRO DE FUSIÓN**

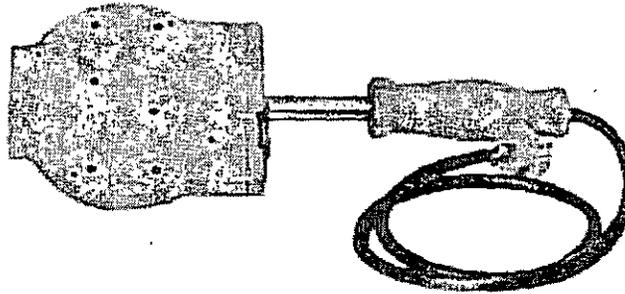


FIGURA 11. CALENTADOR

Existe otro procedimiento para la unión de tuberías de polietileno, la electrofusión.

La Electrofusión se realiza con un accesorio, que tiene incorporada una resistencia. Este accesorio se conecta mediante dos bornes a una máquina que le suministra una tensión, que da origen a la circulación de corriente eléctrica a través de la resistencia.

La temperatura que genera la resistencia plastifica tanto el tubo como el accesorio. El parámetro básico es el tiempo de conexión del accesorio a la máquina de electrofusión. La presión necesaria para la unión viene dada por la interferencia que se produce al lastificarse el tubo y el accesorio.

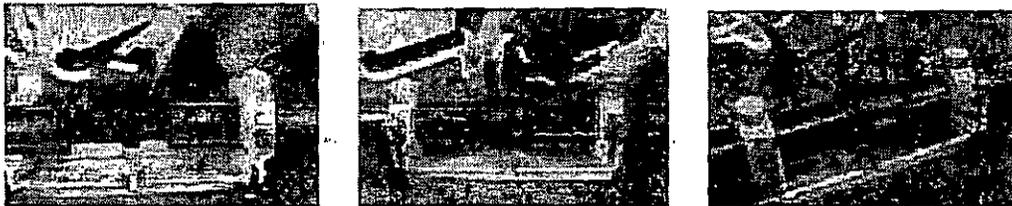


FIGURA 12. PROCEDIMIENTO DE JUNTEO

### INSTALACIÓN EN LA ZANJA

En redes primarias y conducciones la tubería se colocara en las zanjas mediante grúas, aunque el uso de este equipo estará condicionado al diámetro y peso de la tubería ya termofusionada.

Se puede aprovechar la flexibilidad en la colocación para posteriormente darle la ubicación definitiva mediante calzas laterales.

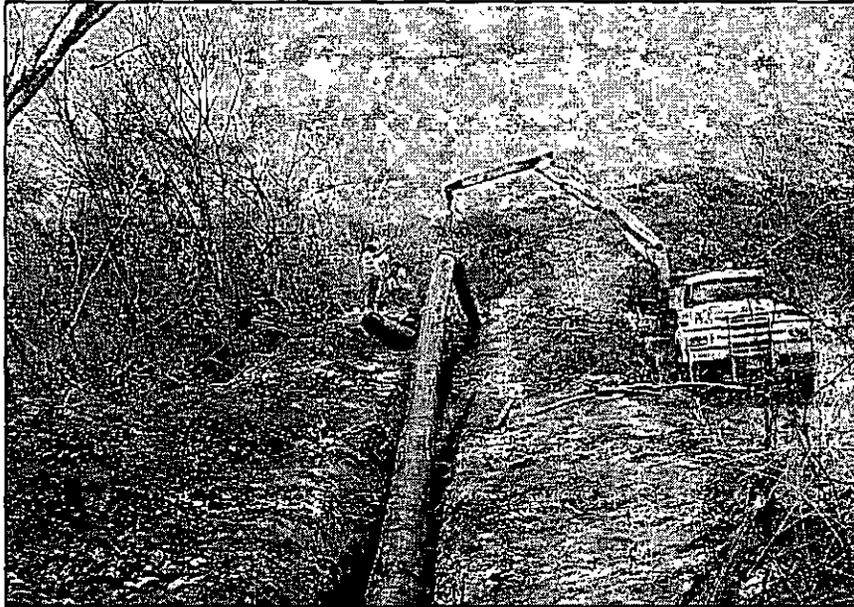


FIGURA 13. COLOCACIÓN DE LA TUBERÍA EN LA ZANJA.



FIGURA 14. TUBERÍA COLOCADA EN LA ZANJA.

## RELLENO DE LA ZANJA

La tubería unida por termofusión se colocará en el fondo de la zanja, y una vez realizada la prueba hidrostática, se procede a rellenar la zanja cubriendo la tubería. Para los rellenos puede utilizarse material producto de excavación, separando únicamente las piedras con aristas agudas que pudieran quedar en contacto con la tubería, esto se logra cribando el material. En caso que el material de la excavación no es apto para ser compactado se podrá previa autorización utilizar material de banco.

En suelos con nivel freático alto, donde el agua puede cubrir la tubería y producir la flotación en ésta, se le podrá asignar peso extra (lastrado) y atraques.

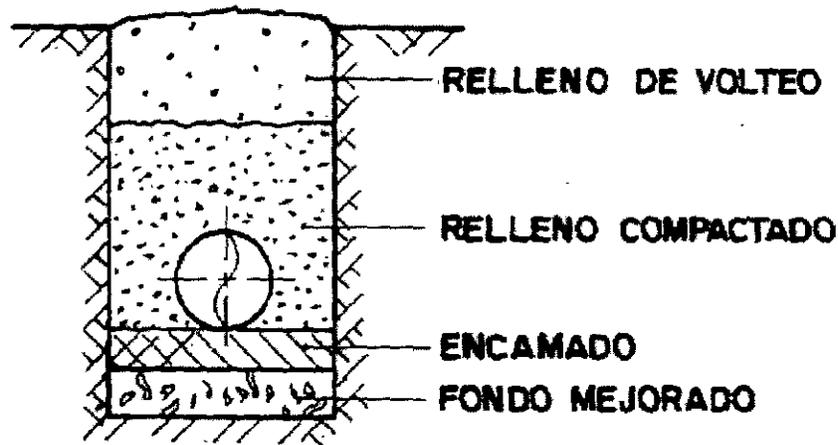


FIGURA 15. SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO CON RELLENOS

## 5. INSTALACIÓN DE LA RED SECUNDARIA

### CARACTERÍSTICAS DE LA RED SECUNDARIA.

Las redes secundarias de agua tienen un diámetro menor a 0.51 m (20 "). En el caso de alcantarillado se considera red secundaria a las tuberías menores a 60 cm.

Una característica de la red secundaria es que sobre ella se hacen las derivaciones hacia los usuarios mediante la toma domiciliaria.

### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

Las actividades que comprende la construcción de la red secundaria son similares a la red secundaria, la principal diferencia es el diámetro que son más pequeños representando menos peso de las tuberías y con ello mayor facilidad para su manejo en obra.

Dependiendo del esquema que se proponga para la operación de la red de agua potable adicionalmente se tendrán válvulas de seccionamiento distribuidas estratégicamente en el área urbana.

Para ello el procedimiento comprenderá la construcción de cajas de válvulas que permitan la operación de la red. Para ello se realizará la conexión de la tubería mediante adaptadores fabricados por el proveedor de la tubería para conectar la válvula que generalmente se presenta bridada.



FIGURA 16. INSTALACIÓN DE VÁLVULAS.

## INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE POLIETILENO CORRUGADO PARA DRENAJE.

### JUNTEO.

Es conveniente aclarar que la tubería corrugada se fabrica en tramos con uniones espiga campana.

### PROCEDIMIENTO

#### 1.- COLOCACIÓN DE LA TUBERÍA.-

Aloje la Tubería en la zanja, tomando los tramos siempre a dos tercios.



FIGURA 17. COLOCACIÓN EN LAS ZANJAS.

#### 2.- JUNTEO.-

- Retirar la protección del empaque,
- Limpiar la espiga de la tubería.
- Lubrique la campana y la espiga (solamente utilice lubricante recomendado por la fabrica),
- Evitar que cualquier sección lubricada no entre en contacto con polvo. El polvo puede adherirse a la superficie y comprometer la integridad de la junta.
- Marque el espacio que entrara la espiga
- introducir la espiga dentro de la campana.
- Empujar la espiga dentro de la campana, no la campana dentro de la espiga a tope

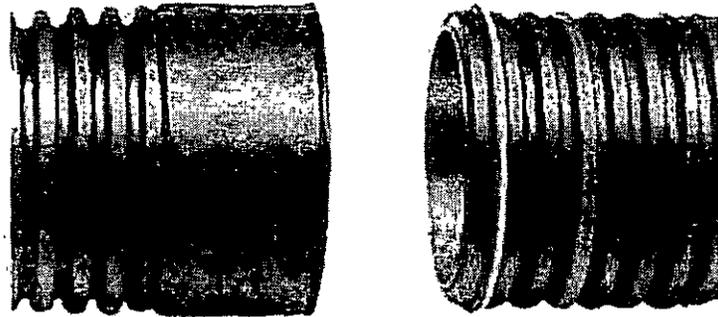


FIGURA 18. JUNTAS ESPIGA CAMPAÑA.

### 3.- RELLENO DE ZANJAS.-

Rellene en capas de 20 cm., desde el acostillado y compactelas

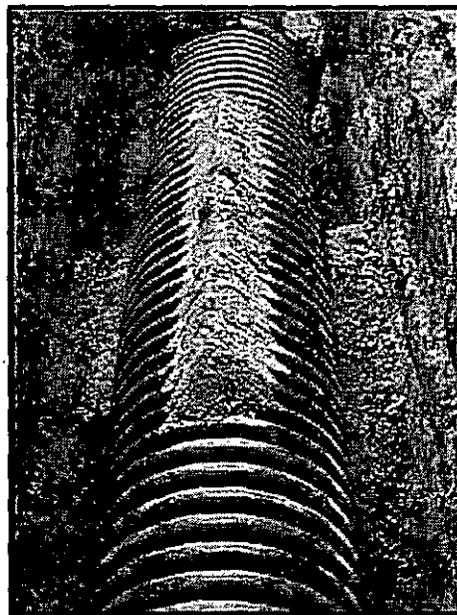


FIGURA 19. RELLENO LATERAL DE ZANJAS.

#### 4.- RELLENO DE ZANJAS.-

El material de relleno debe estar libre de piedras grandes, se recomienda partículas de 1 ½ " como máximo.



FIGURA 20. RELLENO DE ZANJAS SOBRE LA TUBERÍA

#### 5.- COMPACTACIÓN DE ZANJAS.-

La zanja debe tener un ancho apropiado para que se pueda compactar desde el acostillado.

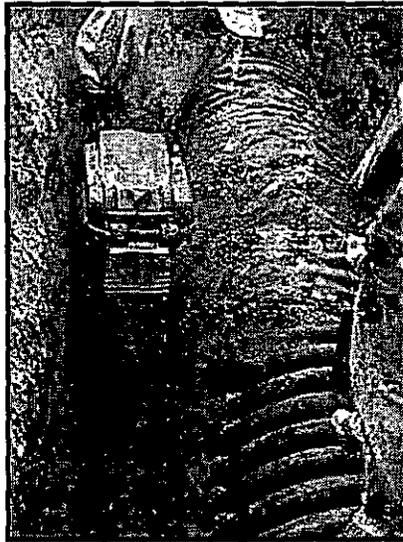


FIGURA 21. COMPACTACIÓN DE ZANJAS.

6.- Continúe con el procedimiento anterior en los siguientes tramos.

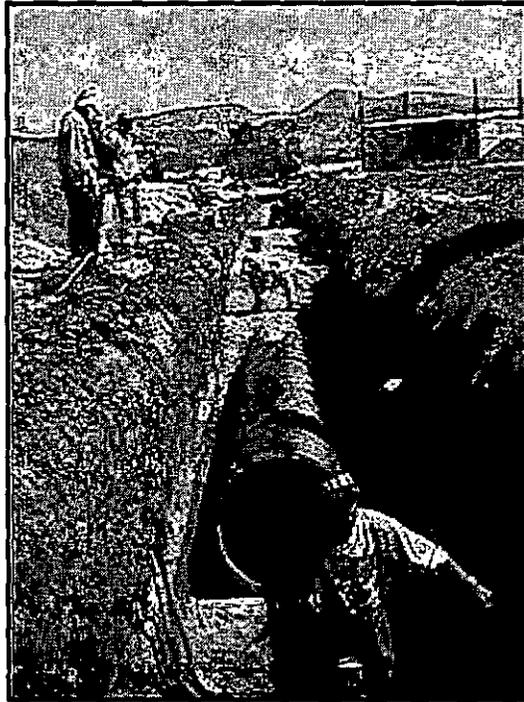


FIGURA 22. TREN DE TRABAJO TUBERÍAS PAD.

## BIBLIOGRAFÍA

CÉSAR VALDEZ, ENRIQUE ING.		
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
FACULTAD DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		
TEMARIO DEL CURSO DE AGUA POTABLE UNAM	1993 3ª ED	BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

LARA G., JORGE LUIS ING.		
ALCANTARILLADO		
FACULTAD DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		
TEMARIO DEL CURSO DE ALCANTARILLADO UNAM	1991 2ª ED	BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

FAIR M.G., GEYER CH. J., OKUN A.D.		
ABASTECIMIENTO DE AGUA Y REMOCIÓN DE AGUAS RESIDUALES		
EDITORIAL LIMUSA VOL. 1		
AUXILIAR EN EL TEMA DE AGUA POTABLE	1983	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARÍA

ERNEST W. STEEL		
ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO		
EDITORIAL GUSTAVO GILLI		
AUXILIAR EN EL TEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	1969	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARÍA

CLARK, JOHN W., VIESSAMAN W., HAMMER M.J.		
WATER SUPPLY AND POLLUTION CONTROL, IEP-DUM		
EDITORIAL DONNELLEY, HARPER AND ROW PUBLISHER.		
AUXILIAR EN EL TEMA DE AGUA POTABLE	1971	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARÍA

BABBIT E. H., BAUMAN E.R.		
ALCANTARILLADO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
EDITORIAL CECSA		
AUXILIAR EN EL TEMA DE ALCANTARILLADO	1983	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARÍA

JOHNSON DIVISION, UOP Inc., FLETCHER G. DRISCOLL		
GROUNDWATER AND WELLS EL AGUA SUBTERRÁNEA Y LOS POZOS		
EDITORIAL JONSON DIVISION, UOP, Inc. SAINT PAUL MINNESOTA		
AUXILIAR EN EL TEMA DE CAPTACIONES	1975 TD 405	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARÍA

McNAUGHTON, KENNETH J.		
BOMBAS SELECCIÓN, USO Y MANTENIMIENTO		
EDITORIAL McGRAW HILL		
AUXILIAR EN EL TEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO TEMA DE EQUIPOS DE BOMBEO		BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARÍA

GREENE, RICHARD W.		
VÁLVULAS SELECCIÓN, USO Y MANTENIMIENTO		
EDITORIAL McGRAW HILL		
AUXILIAR EN EL TEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO TEMA DE VÁLVULAS		BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARÍA

STREETER, VICTOR L.		
MECÁNICA DE FLUIDOS		
EDITORIAL McGRAW HILL		
AUXILIAR EN EL TEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO TEMA DE CONDUCCIONES		BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARÍA

TCHOBANOGLIOUS, GEORGE - METCALF & EDDY, INC.		
WASTEWATER ENGINEERING: COLLECTION AND PUMPING OF WASTEWATER		
EDITORIAL McGRAW HILL		
AUXILIAR EN EL TEMA DE ALCANTARILLADO		BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARÍA

STEPHENSON D.		
STORMWATER HYDROLOGY AND DRAINAGE		
EDITORIAL ELSEVIER		
COLLECCION DEVELOPMENTS IN WATER SCIENCE No 14		
AUXILIAR EN EL TEMA DE ALCANTARILLADO		BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARÍA

STEPHENSON DAVID		
PIPELINE DESIGN FOR WATER ENGINEERS		
EDITORIAL ELSEVIER		
COLLECCION DEVELOPMENTS IN WATER SCIENCE No 15		
AUXILIAR EN EL TEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO		BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

STEPHENSON DAVID		
PIPELINE ANALISYS		
EDITORIAL ELSEVIER		
COLLECCION DEVELOPMENTS IN WATER SCIENCE No 19		
AUXILIAR EN EL TEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO		BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA
PURSCHEL WOLFGANG		
EL TRANSPORTE Y LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA		
EDITORIAL URMO S.A. DE EDICIONES		
COLECCIÓN TRATADO GENERAL DEL AGUA Y SU DISTRIBUCIÓN TOMO 4		
AUXILIAR EN EL TEMA DE AGUA POTABLE		BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

PURSCHEL WOLFGANG		
LA CAPTACIÓN Y EL ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE		
EDITORIAL URMO S.A. DE EDICIONES		
COLECCIÓN TRATADO GENERAL DEL AGUA Y SU DISTRIBUCIÓN TOMO 5		
AUXILIAR EN EL TEMA DE AGUA POTABLE		BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

PURSCHEL WOLFGANG		
LAS REDES URBANAS DE SANEAMIENTO		
EDITORIAL URMO S.A. DE EDICIONES		
COLECCIÓN TRATADO GENERAL DEL AGUA Y SU DISTRIBUCIÓN TOMO 7		
AUXILIAR EN EL TEMA DE ALCANTARILLADO		BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA		
LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO		
EDITORIAL CNA BAJO LA COORDINACIÓN DE LA GERENCIA DE NORMAS TÉCNICAS.		
AUXILIAR EN EL TEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO		BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

HAESTAD		
WATERCAD FOR WINDOWS		
EDITORIAL HAESTAD METHODS		
MANUAL DEL PROGRAMA ESPECIFICO DE SIMULACIÓN DE REDES		
AUXILIAR EN EL TEMA DE AGUA POTABLE		BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARÍA

CHAUDHRY, Ph.D. M. HANIF		
BRITISH COLUMBIA HYDRO AND POWER AUTHORITY, VANCOUVER, CANADA		
APPLIED HYDRAULIC TRANSIENTS		
EDITORIAL VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY		
AUXILIAR EN EL TEMA DE CONDUCCIONES.- FENÓMENOS TRANSITORIOS HIDRÁULICOS.	1979	BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

LÓPEZ CUALLA RICARDO ALFREDO		
DISEÑO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS		
EDITORIAL ALFAOMEGA		
AUXILIAR EN EL TEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	2ª EDICIÓN 2000	BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARÍA

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA		
REHABILITACIÓN DE POZOS		
LIBRO III 2.1. MAPAS MANUAL DE DISEÑO DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO.		
EDITORIAL CNA BAJO LA COORDINACIÓN DE LA GERENCIA DE NORMAS TÉCNICAS.		
AUXILIAR EN EL TEMA DE AGUA POTABLE	MARZO 1994	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARÍA

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA		
PERFORACIÓN DE POZOS		
LIBRO V 3.3.1. MAPAS MANUAL DE DISEÑO DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO.		
EDITORIAL CNA BAJO LA COORDINACIÓN DE LA GERENCIA DE NORMAS TÉCNICAS.		
AUXILIAR EN EL TEMA DE AGUA POTABLE	JULIO 1994	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARÍA

CUSTODIO E., Y LLAMAS, M. R.,		
HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA		
EDITORIAL OMEGA S.A. BARCELONA, ESPAÑA.		
AUXILIAR EN EL TEMA DE AGUA POTABLE	1976	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARÍA

ASCE AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS		
GRAVITY SANITARY SEWER DESIGN AND CONSTRUCTION		
ASCE AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION		
AUXILIAR DEL TEMA DE ALCANTARILLADO		BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ASCE AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS		
DESIGN AND CONSTRUCTION OF SANITARY SEWER AND STORM SEWERS		
ASCE AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION		
AUXILIAR DEL TEMA DE ALCANTARILLADO	1969	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

PAZ SÁNCHEZ ARNULFO ING.		
SISTEMAS DE ALCANTARILLADO		
NOTAS EDITADAS POR EL AUTOR		
AUXILIAR DEL TEMA DE ALCANTARILLADO	1974	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

GARCIA SOSA, JORGE M.I.		
DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN LLUVIA - ESCURRIMIENTO EN ZONAS URBANAS		
TESINA PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO		
AUXILIAR DEL TEMA DE ALCANTARILLADO		BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

DDF DGCOH DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN HIDRÁULICA		
DISEÑO DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO		
CRITERIOS Y RECOMENDACIONES PARA PROYECTO DE APROVISIONAMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO		
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN HIDRÁULICA		
SECRETARÍA GENERAL DE OBRAS		
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL		
AUXILIAR DEL TEMA DE ALCANTARILLADO	1985 AL 200 - 85	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

CITY OF NAPERVILLE, IL. U.S.A.		
DESIGN MANUAL FOR PUBLIC IMPROVEMENTS		
SECTION 3 SANITARY SEWER DESIGN		
CITY OF NAPERVILLE, IL.		
UNITED STATES OF AMERICA		
AUXILIAR DEL TEMA DE ALCANTARILLADO	MARCH 2002	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ASHLEY R.M.		
URBAN WATER SEWER SYSTEMS AND PROCESSES VOLUME 2, NUMBER 4		
ELSEVIER		
AUXILIAR DEL TEMA DE ALCANTARILLADO		BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

D.A. SAVIC		
URBAN WATER DEVELOPMENTS IN WATER DISTRIBUTION SYSTEMS VOLUME 2, NUMBER 2		
ELSEVIER		
AUXILIAR DEL TEMA DE AGUA POTABLE		BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

P.F. BRAGA		
URBAN WATER NON-STRUCTURAL MEASURES IN URBAN FLOOD CONTROL VOLUME 1, NUMBER 2		
ELSEVIER		
AUXILIAR DE LOS TEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO		BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

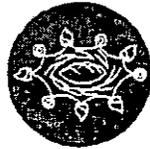
VÁZQUEZ GONZÁLEZ ALBA ING., CÉSAR VALDEZ, ENRIQUE ING.		
IMPACTO AMBIENTAL		
FACULTAD DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA		
TEMARIO DEL TEMA DE IMPACTO AMBIENTAL	1993 1ª ED	BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ADAMS, BARRY J. Y PAPA FABIAN		
URBAN STORMWATER MANAGEMENT PLANNING WITH ANALYTICAL PROBABILISTIC MODELS		
JOHN WILEY & SONS, INC.		
AUXILIAR DEL TEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	2000	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

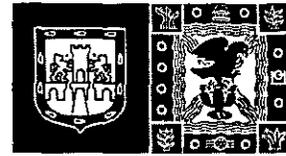
Academia de la Investigación Científica, A.C. Academia Nacional de Ingeniería, A.C.		
EL SUMINISTRO DE AGUA DE LA CIUDAD DE MEXICO Mejorando la Sustentabilidad		
National Research Council NATIONAL ACADEMY PRESS Washington, D.C. 1995		
AUXILIAR DEL TEMA DE AGUA POTABLE	1995	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA



PALACIO DE MINERÍA



DELEGACION  
IZTAPALAPA



**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNAM**

**CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE REDES HIDRÁULICAS.**

**Módulo III: Operación de Redes Hidráulicas.**

**Duración del Módulo: 10 Horas.**

1. INTRODUCCIÓN.
2. CARACTERÍSTICAS DE LA REDES PRIMARIA Y SECUNDARIA.
3. OPERACIÓN DE LA REDES.
4. EQUIPO DE OPERACIÓN.

**Periodo total de impartición del Módulo:**

Del 11 al 17 de Noviembre de 2004.

**Nombre del Capacitador:**

Ing Jorge Luis Grajales Escarpulli.

---

---

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES PRIMARIA Y SECUNDARIA.....	7
3. OPERACIÓN DE LAS REDES.....	9
4. EQUIPO DE OPERACIÓN .....	10

## 1. INTRODUCCIÓN.

### ETAPAS DE UNA OBRA DE INGENIERÍA

A) etapas para la realización de una obra de ingeniería.

Dentro del proceso de creación y conservación de un proyecto de ingeniería civil, se tienen cuatro etapas subsecuentes:

PLANEACIÓN

DISEÑO O PROYECTO

CONSTRUCCIÓN

FUNCIONAMIENTO

Cada una de ellas de una importancia vital, para que se cumplan los objetivos de cualquier obra de ingeniería, fundamentalmente el de servir con eficiencia a un determinado usuario.

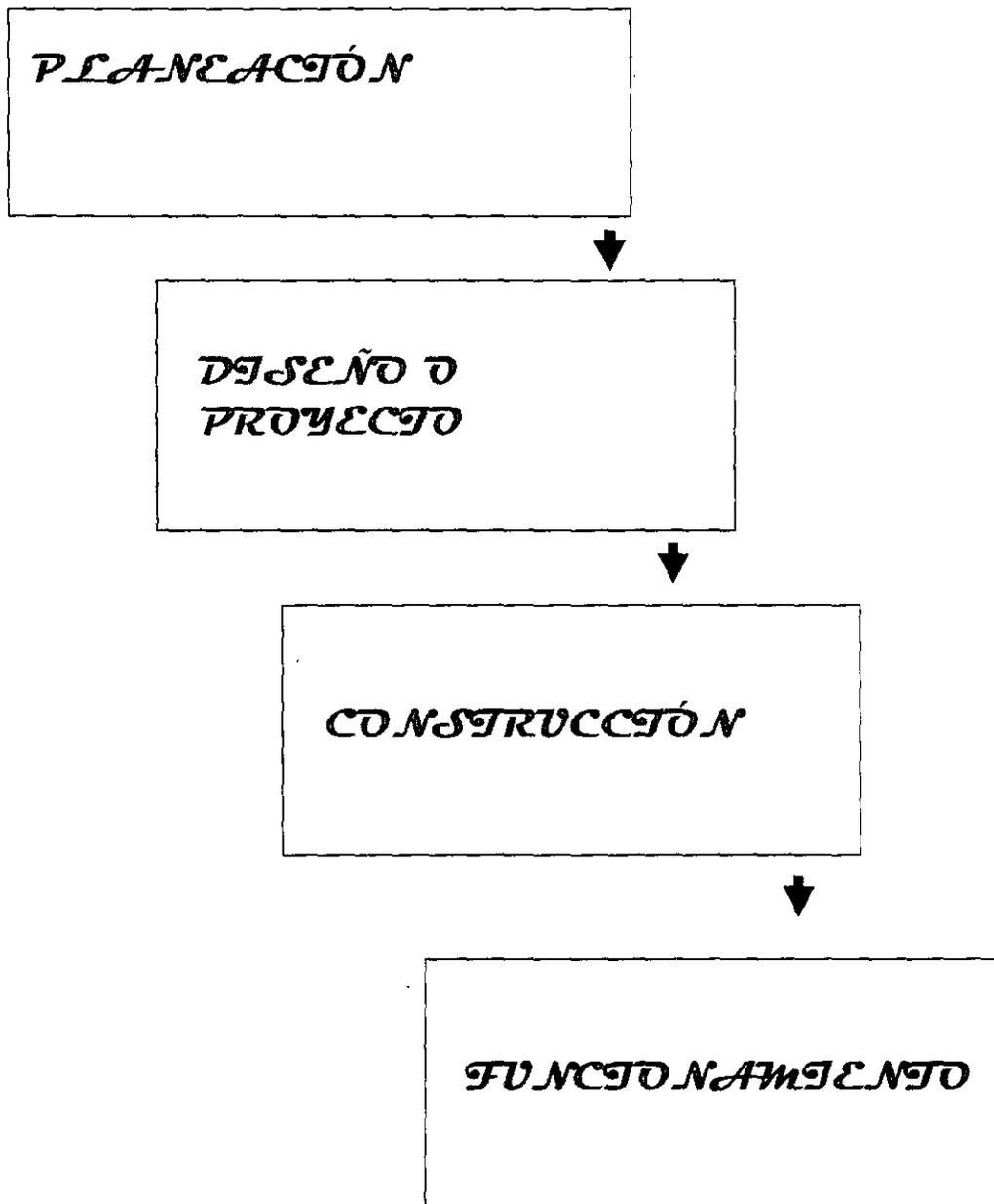


Figura 1. Etapas de una obra de ingeniería

---

## DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DE UNA OBRA DE INGENIERÍA

### A.1).- Planeación

La etapa de planeación, deberá primeramente identificar la necesidad de una determinada obra y adicionalmente deberá definir la magnitud y factibilidad de la misma.

El caso de los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado, la planeación tiene como finalidad principal definir:

- Que existe la necesidad del servicio de agua potable y alcantarillado
- Que un proyecto es factible técnicamente
- Que un proyecto es factible económicamente
- Que un proyecto es factible socialmente
- Que un proyecto es factible financieramente
- Que magnitud tendrá el sistema hidráulico requerido

Asimismo se plantean alternativas de solución y establece cual de las alternativas analizadas será la mas adecuada; pudiéndose llegar a la elaboración de un ante proyecto.

### A.2).- Diseño o proyecto

Es el conjunto de acciones de diseño de las componentes del sistema de abastecimiento, de acuerdo a las demandas de agua de los habitantes de la localidad.

Como resultado de esta etapa se entregara al constructor planos generales, planos ejecutivos, especificaciones generales y particulares de obra, catalogo de conceptos y cantidad de obra.

El proyecto ejecutivo generalmente comprenden las siguientes especialidades:

- ⊕ PROYECTO HIDRÁULICO
- ⊕ PROYECTO ESTRUCTURAL
- ⊕ PROYECTO GEOTÉCNICO
- ⊕ PROYECTO DE INSTALACIONES
- ⊕ PROYECTO ARQUITECTÓNICO
- ⊕ PROYECTO ELECTROMECÁNICO
- ⊕ PROYECTO DE PROCESOS DE POTABILIZACIÓN
- ⊕ PROYECTO DE PROCESOS DE TRATAMIENTO

### A.3).- Construcción

La construcción contempla la realización física de los sistemas de agua potable y alcantarillado, planteado en los planos y especificaciones de acuerdo a programas constructivos de barras y ruta crítica, que permiten establecer un programa de asignaciones presupuestales.

Generalmente el proceso constructivo involucra los siguientes rubros:

- ⊕ UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA OBRA
- ⊕ ADQUISICIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
- ⊕ ADQUISICIÓN DE EQUIPO ELECTROMECAÁNICO
- ⊕ PLANEACIÓN DE LA OBRA
- ⊕ CONTROL DE OBRA
- ⊕ ENTREGA DE OBRA
- ⊕ PUESTA EN MARCHA INTERFASE CON EL FUNCIONAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA

### A.4).- Funcionamiento.

El funcionamiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado involucra acciones que permiten que las instalaciones presten el servicio en forma optima y son de tipo diverso como:

- ADMINISTRACIÓN DE LOS SISTEMAS
- OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS
- MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS

#### A.4.1).- Administración.

Es el conjunto de actividades que permiten establecer los procedimientos administrativos de manejo de personal, cobranzas, contabilidad y en general establecer las obligaciones de la institución u organismo operador y del usuario en materia económica y técnica.

## ADMINISTRACIÓN

FACTURACIÓN	LECTURAS CONTRATOS RECIBOS
CAJA	COBRANZAS PAGOS
PERSONAL	CONTRATACIÓN NOMINAS
ADQUISICIONES	COMPRAS ALMACÉN

### A.4.2).- Operación

La operación permite realizar las acciones de poner en marcha cotidianamente el sistema o suspender el funcionamiento de las instalaciones de acuerdo a las necesidades de los usuarios, también permite incorporar nuevos usuarios o reducir el servicio a aquellos que no han cumplido con obligaciones económicas con el organismo operador.

OPERACIÓN DE CAPTACIONES  
OPERACIÓN DE LÍNEAS DE CONDUCCIÓN  
OPERACIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
OPERACIÓN DE TANQUES DE REGULARIZACIÓN  
OPERACIÓN DE PLANTAS POTABILIZADORAS  
INSTALACIÓN DE TOMAS DOMICILIARIAS  
REPARACIÓN DE TOMAS DOMICILIARIAS

### A.4.3).- Mantenimiento

Conjunto de acciones que permiten la revisión periódica de las instalaciones para que funcionen en forma óptima de acuerdo a lo proyectado y con la finalidad de prolongar la vida útil de los componentes del sistema.

## MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

## **2. CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES PRIMARIA Y SECUNDARIA.**

Los elementos que integran el sistema de suministro de agua a una localidad son:

1. CAPTACIÓN
2. CONDUCCIÓN
3. REGULARIZACIÓN
4. DISTRIBUCIÓN
5. POTABILIZACIÓN

De estos elementos los correspondientes a la distribución se pueden definir como una red hidráulica. Desde el punto de vista institucional generalmente se tienen todas las componentes mencionadas, como parte del sistema.

En el caso de ciertas ciudades como la ciudad de México, otras dependencias proveen el agua a partir de captaciones y conducciones bajo su administración como en el suministro de la Comisión Nacional del Agua CONAGUA, correspondiendo a los organismos operadores locales la responsabilidad de administrar sus propias captaciones y las redes hidráulicas.

En este último esquema las redes hidráulicas tendrían dentro de esta definición, pozos y captaciones dentro de la red de distribución, conducciones, carcamos de bombeo, tanques de regularización y las tuberías de la red.

Para la CONAGUA la red de distribución esta formada por un conjunto de tuberías que se unen en diversos puntos denominados nudos o uniones.

La red hidráulica distribuye agua a los usuarios por medio de dos tipos de redes la primaria y la secundaria. Para establecer esta separación deberá atenderse a la función que realiza la red. La red primaria estará formada por la tubería entre el tanque de regulación y el punto donde inicia la bifurcación de la red así como tuberías envolventes de mayores diámetros y que alimentan a la red secundaria.

La red de tuberías secundarias tendrán la función de llevar a cada usuario el volumen de agua que requiere de tal manera que deberán permitir la conexión de las tomas domiciliarias ubicándose en la mayoría de las calles para poder dar el servicio.

En cada caso se clasificara de acuerdo al tamaño de la localidad y de la red. En el caso del distrito federal tradicionalmente se considera red primaria a las tuberías con diámetros mayores a 0.51 m (20" ). En el caso de localidades de menor magnitud se consideran diámetros menores.

Se considera la red secundaria para el sistema de alcantarillado para los conductos que reciben las aportaciones locales de las aguas residuales domiciliarias y las del agua de lluvia en su área de influencia, en caso de proyectarse el sistema combinado.

Se considera la red secundaria con diámetros menores de 60 cm. Las tuberías de este tipo de red reciben el nombre de ayarjeas y subcolectores.

La red primaria de alcantarillado tiene como función recibir las descargas de las tuberías de menor diámetro o red secundaria para recolectarlas y transportarlas fuera de la zona urbana mediante colectores y emisores, en estas tuberías ya no se aceptan descargas domiciliarias.

### **3. OPERACIÓN DE LAS REDES.**

La operación de redes comprende acciones externas que buscan el funcionamiento óptimo de la infraestructura. En la operación no se busca modificar la naturaleza de las instalaciones o equipos, sino únicamente tener acciones que permitan el funcionamiento adecuado de acuerdo a las condiciones físicas y a la demanda del servicio de los habitantes de la localidad.

Se considera operación a toda la infraestructura incluyendo aquella que no es red como tanques y conducciones, pero que interactúa con el funcionamiento de la red.

La organización eficiente de la operación deberá comprender las siguientes etapas:

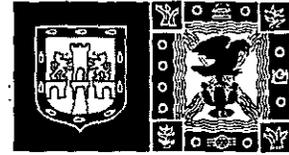
1. ELABORACIÓN DE NORMAS Y MANUALES DE OPERACIÓN.
2. ELABORACIÓN DE PROGRAMAS DE OPERACIÓN.
3. SELECCIÓN Y CAPACITACIÓN DEL PERSONAL.
4. ELABORACIÓN DE REGISTROS DE OPERACIÓN.
5. INTERPRETACIÓN DE REGISTROS DE OPERACIÓN.
6. SEGUIMIENTO DE REGISTROS DE OPERACIÓN.
7. ARCHIVOS TÉCNICOS DE OPERACIÓN.

#### **ACTIVIDADES DEL PROGRAMA DE OPERACIÓN:**

1. INSPECCIÓN DEL SISTEMA
2. DETECCIÓN DE FUGAS
3. TUBERÍAS
4. VÁLVULAS
5. AFECTACIONES A VIALIDADES
6. ROTURAS DE PAVIMENTOS
7. CALIDAD DEL AGUA
8. PRUEBAS DE PRESIÓN
9. PRUEBAS DE GASTO
10. PRUEBAS DE GRADIENTE HIDRÁULICO

#### **4. EQUIPO DE OPERACIÓN.**

- MEDIDORES DE PRESIÓN MANÓMETROS
- MEDIDORES DE CONSUMO
- EQUIPO PARA LEVANTAMIENTO DE REDES
- EQUIPO DE SEGURIDAD
- EQUIPO DE LIMPIEZA
- INSPECCIONES ESPECIALES



**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNAM**

**CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE REDES HIDRÁULICAS.**

**Módulo IV: Mantenimiento Preventivo y Correctivo de las  
Redes Hidráulicas.**

**Duración del Módulo: 10 Horas.**

1. DETECCIÓN DE FALLAS.
2. DIAGNÓSTICO DE LA FALLA.
3. LIMPIEZA CRONOLÓGICA DE LA REDES.
4. PROCESOS BÁSICOS DE REPARACIÓN.

**Periodo total de impartición del Módulo:**  
Del 18 al 24 de Noviembre de 2004.

**Nombre del Capacitador:**  
Ing Jorge Luis Grajales Escarpulli.

## ÍNDICE

1. Detección de las fallas de origen.....	2
2. Diagnóstico de la falla.....	6
3. Limpieza cronológica de las redes.....	7
4. Procesos básicos de reparación.....	10

---

## 1. DETECCIÓN DE LAS FALLAS DE ORIGEN.

### INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO DE REDES HIDRÁULICAS.

#### A.1).- Mantenimiento.-

El mantenimiento puede definirse como el conjunto de acciones que permiten la revisión periódica de las instalaciones. Como resultado de este proceso deberán:

1. MANTENER EN COSTOS RAZONABLES LA OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS.
2. PREVENIRSE DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA.
3. DETECTARSE FALLAS OPERATIVAS.
4. PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DE LAS ESTRUCTURAS Y EQUIPOS.
5. EVITAR EL COLAPSO DEL SERVICIO
6. EVITAR AFECTACIONES SOCIALES, ECONÓMICAS Y POLÍTICAS POR LA INTERRUPCIÓN DEL SERVICIO.

#### A.2).- Tipos de mantenimiento.-

Por lo general en la mayoría de los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado, se atiende de emergencia un problema que se presenta cuando la afectación del servicio hace necesaria una acción para corregir un desperfecto. Esto es se aplica un mantenimiento de tipo correctivo.

Dentro de las acciones de mantenimiento se pueden diferenciar dos clases:

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

MANTENIMIENTO COMBINADO

### A.2.1.-Mantenimiento preventivo.-

Este tipo de mantenimiento consiste de una serie de acciones planeadas y programadas, con la finalidad de evitar daños a las instalaciones y equipos.

Las características de un programa de mantenimiento preventivo son:

1. PLANEACIÓN DE ACCIONES EN FUNCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE.
2. PROGRAMACIÓN EN DÍAS CALENDARIO DE LAS ACCIONES REQUERIDAS
3. CONTROL DE CALIDAD DE LAS ACCIONES IMPLEMENTADAS.

Para la planeación adecuada y oportuna de este mantenimiento deberá conocerse perfectamente la infraestructura que esta en funcionamiento, así como la estructura administrativa del organismo operador para reducir costos de este concepto, determinando los siguientes objetivos:

1. ECONOMÍA EN HORAS HOMBRE EVALUANDO LA ORGANIZACIÓN DE LAS BRIGADAS DE TRABAJO POR GRUPO DE ESPECIALIDAD.
2. SIMPLIFICACIÓN DE TRAMITES DE ADQUISICIONES DE MATERIALES, REFACCIONES Y EQUIPO, EN COORDINACIÓN CONSTANTE CON EL ÁREA DE ALMACÉN PARA CONOCER EXISTENCIAS ( STOCK ).
3. ECONOMÍA DE TRANSPORTE AL PROGRAMAR PREVIAMENTE DESPLAZAMIENTOS DE EQUIPO, MATERIALES Y PERSONAL.
4. PROGRAMA ANTICIPADO DE GASTOS (EROGACIONES) DE ACUERDO A LAS NECESIDADES DE LA INFRAESTRUCTURA.
5. CONTROL MÁS TRANSPARENTE DE LA APLICACIÓN DE RECURSOS FÍSICOS Y ECONÓMICOS.

### Detección de las fallas de origen.

Las principales fallas que pueden encontrarse en las redes hidráulicas se pueden agrupar en los siguientes tipos:

- A.1) FALLAS EN TUBERÍAS DE AGUA
- A.2) FALLAS EN VÁLVULAS DE LA RED DE AGUA
- A.3) FALLAS EN TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO
- A.4) FALLAS EN ESTRUCTURAS DE ALCANTARILLADO

### A.1) Fallas en tuberías de agua potable.-

Una falla en la tubería implica que se presenta un daño físico en la misma y por consecuencia una ruptura en la tubería o dislocamiento de tramos en su área de junteo. Las causas que pueden originar el daño a la tubería dependerán del material que forme la red y de condiciones de cargas internas, externas y desplazamientos que excedan las características planteadas en el diseño.

Las principales causas que se pueden mencionar son:

- DEFICIENTE CONTROL DE CALIDAD DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO.
- RESISTENCIAS MENORES A LAS ESPECIFICADAS EN PROYECTO
- PERDIDA DE RESISTENCIA POR EXPOSICIÓN A LA INTEMPERIE
- PERDIDAS DE RESISTENCIA POR DAÑOS EN EL TRANSPORTE
- RELLENOS EN ZANJAS INFERIORES AL COLCHÓN MÍNIMO
- JUNTEO CON MATERIALES PLÁSTICOS QUE PIERDEN FLEXIBILIDAD EN EL TIEMPO
- MOVIMIENTO DE TUBERÍAS EN SISMOS
- ASENTAMIENTOS EN TERRENOS DE APOYO A TUBERÍAS
- CORROSIÓN O DISGREGACIÓN DE LOS MATERIALES EN LAS TUBERÍAS
- PASO DE VEHÍCULOS CON CARGAS MAYORES A LAS NORMALES.

### A.2) Fallas en válvulas de la red de agua

Las principales fallas en las válvulas de la red hidráulica pueden ser.

- EXISTENCIA DE BASURA Y SEDIMENTOS EN LA CAJA DE VÁLVULAS
- INUNDACIÓN EN CAJA DE VÁLVULAS
- GOTEO EN VÁLVULAS
- FALLAS EN MANERAL
- COLAPSO EN COMPUERTA

### A.3) FALLAS EN TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO

Las tuberías del sistema de alcantarillado se ven sometidas a esfuerzos mayores a los de proyecto, o a alteraciones estructurales debido a las siguientes causas:

- DEFICIENTE CONTROL DE CALIDAD DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO.
- RESISTENCIAS MENORES A LAS ESPECIFICADAS EN PROYECTO
- PERDIDAS DE RESISTENCIA POR DAÑOS EN EL TRANSPORTE
- RELLENOS EN ZANJAS INFERIORES AL COLCHÓN MÍNIMO
- JUNTEO CON MATERIALES PLÁSTICOS QUE PIERDEN FLEXIBILIDAD EN EL TIEMPO
- MOVIMIENTO DE TUBERÍAS EN SISMOS
- ASENTAMIENTOS EN TERRENOS DE APOYO A TUBERÍAS
- CORROSIÓN O DISGREGACIÓN DE LOS MATERIALES EN LAS TUBERÍAS
- AGRIETAMIENTO Y RUPTURA POR CRECIMIENTO DE PLANTAS
- PASO DE VEHÍCULOS CON CARGAS MAYORES A LAS NORMALES.

### A.4) fallas en estructuras de alcantarillado.-

Los pozos de visita constituyen la estructura complementaria más común de un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, y constituyen un valioso elemento para acciones de operación y mantenimiento de la red. las fallas que se pueden presentar que alteran el funcionamiento son:

- AZOLVAMIENTO
- INUNDACIÓN (POZOS CON CARGA)
- VICIOS OCULTOS DE CONSTRUCCIÓN
- DETERIORO POR HUMEDAD Y REACCIONES QUÍMICAS
- OBSTRUCCIONES
- DETERIORO POR CRECIMIENTO DE PLANTAS

## 2. DIAGNÓSTICO DE LA FALLA.

La red de agua potable tiene dos aspectos fundamentales en sus criterios de operación:

1.- Suministrar agua en cantidad suficiente. Este servicio deberá proporcionarse con la cantidad y presión requerida.

En el momento que ocurre una falla en la red de distribución de agua potable ocurre una disminución en el caudal o en la presión con que se suministra el agua.

La disminución de caudal o presión en la red de distribución es indicativa de que no hay suficiente suministro de agua o que se ha presentado una falla en el sistema de tuberías.

Para la determinación de la falla en el suministro de agua, se deberán seguir procedimientos de control. el monitoreo periodo de aforadores en las captaciones permite identificar variaciones importantes en caudal y presión a la entrada del sistema.

Periódicamente es posible medir presiones en la red de distribución mediante manómetros que pueden colocarse en puntos estratégicos de la red de distribución.

2.- Suministrar agua en calidad. Otro aspecto relevante del servicio de agua potable es dotar al habitante de agua con calidad adecuada.

La colocación de aforadores en la red no es un procedimiento normal de control de la red. Para la medición de caudales en la red mediante el empleo de equipo de medición ultrasónico, es necesario contar con espacio suficiente en la red.

Estos equipos de medición requieren colocarse a una distancia, del orden de 10 veces el diámetro antes de una perturbación como puede ser un codo, una válvula o una bifurcación. Es caso de no contarse con este espacio la medición resultada deficiente.

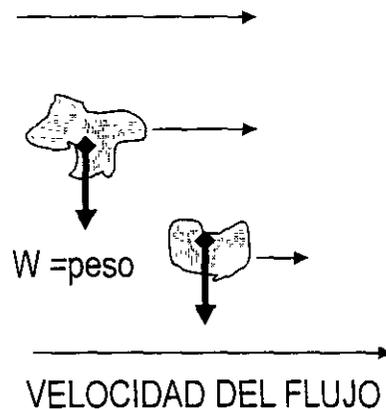
### 3. LIMPIEZA CRONOLÓGICA DE LAS REDES.

#### PROCESO DE EROSIÓN Y SEDIMENTACIÓN EN TUBERÍAS.

En las redes hidráulicas se tiene como fluido de trabajo el agua; en el caso del abastecimiento el agua es potable y limpia, con una cantidad mínima de partículas en suspensión. En el caso del alcantarillado se trata de agua residual o pluvial con una menor calidad y con gran cantidad de sedimentos.

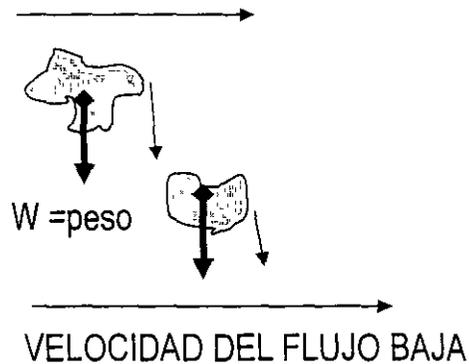
La capacidad de arrastre del agua depende de la velocidad que presente, en velocidades altas (mayores a 5 m/s) el agua erosiona cauces y tuberías levantando las partículas que encuentra a su paso y incorporándolas en forma de mezcla con el agua que se transporta.

#### ARRASTRE DE PARTÍCULAS POR EL AGUA



Por el contrario cuando la velocidad del flujo baja, se presenta el proceso de sedimentación es decir depósito de las partículas en suspensión que tienen un peso que pueda ser atraído por la fuerza de gravedad.

## SEDIMENTACIÓN DE PARTÍCULAS



Es por lo anterior que la velocidad del flujo es un aspecto fundamental a considerar en el proceso de mantenimiento de tuberías.

La red de alcantarillado presenta como condición normal de operación el transporte de agua residual que contiene partículas en suspensión que se depositan en la parte inferior de las tuberías y pozos de visita cuando la velocidad del agua es baja.

Es por lo anterior que es necesario dentro del programa de mantenimiento preventivo establecer la limpieza periódica de redes.

## PROPUESTA DE PLAN DE LIMPIEZA PARA AGUA POTABLE.

En el caso de líneas de conducción y alimentación del servicio de agua potable se dejan válvulas de desfogue en los puntos bajos de estos sistemas que pueden abrirse con una periodicidad de una vez al año para drenar los sedimentos que se tuvieran en ese periodo.

La problemática de sedimentos en el agua potable no es tan complejo como en la red de alcantarillado. En la red de agua no se dejan este tipo de válvulas de desfogue.

#### PROPUESTA DE PLAN DE LIMPIEZA PARA ALCANTARILLADO.

En el caso de los sistemas de alcantarillado el proceso de sedimentación es mas severo debido a que si se trata de agua residual, la contaminación agregada por materia orgánica, detergentes, residuos de alimentos, tierra o polvo producto de la limpieza domestica da al agua turbiedad y sólidos en suspensión que pueden depositarse en la parte inferior de las tuberías al bajar la velocidad del flujo.

En el caso del agua proveniente de la precipitación se presenta como característica que antes de ingresar al sistema de ductos escurre por alguna superficie arrastrando las partículas de polvo y tierra que pudiera encontrarse.

Por lo anterior se requiere establecer un plan de limpieza periodo como mínimo una vez al año, para poder Retirar los sedimentos que se acumulen en la época de lluvia.

Esta limpieza puede ser manual o a través de equipo vactor como se describe en el siguiente capitulo.

#### PROPUESTA DE PLAN DE LIMPIEZA PARA POZOS DE ABSORCIÓN EN EL ALCANTARILLADO SANITARIO.

Una de las estructuras que ha tomado auge recientemente es el pozo de absorción. Esta estructura permite la infiltración de agua de lluvia, evitando que los caudales importantes de una precipitación lleguen al sistema de tuberías. Sin embargo la principal deficiencia es que estas estructuras pueden azolverse o "colmatarse" por la presencia de partículas finas que van tapando los materiales de filtro.

Por lo anterior en esta componente del sistema deberá proponerse una limpieza anual o mínimo cada dos años para que permita al pozo recuperar su capacidad de infiltración para la que fue diseñado.

---

#### 4. PROCESOS BÁSICOS DE REPARACIÓN.

Más que plantear la reparación de tuberías en el proceso de mantenimiento, deberá plantearse un plan de trabajo con procesos básicos de mantenimiento. A continuación se describen algunos de ellos.

##### PROCESOS BÁSICOS PARA EL MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS.

Una válvula se puede definir como un dispositivo o aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos como el agua, mediante una pieza móvil que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

Las válvulas son unos de los mecanismos de control más esenciales en un sistema de tuberías. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar el flujo del agua, desde el agua limpia como en el caso de los abastecimientos de agua hasta los sistemas de alcantarillado con el agua residual. Su uso más generalizado se presenta en los sistemas de captación, conducción y distribución de agua potable.

Las válvulas se fabrican para trabajar en una amplia gama de presiones que van desde el vacío hasta más de 20000 lb/in<sup>2</sup>, aunque para agua potable lo común es que oscilen entre 0 y 250 mca (metros de columna de agua) a temperaturas ambientales. En las instalaciones de agua potable se requiere un sellado absoluto para evitar las fugas o escurrimientos que tienen gran importancia.

La palabra flujo expresa el movimiento de un fluido como el agua. Caudal es el flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de fluido que circula por una sección determinada del conducto en la unidad de tiempo que generalmente en hidráulica son segundos.

##### VÁLVULA DE CONTROL.

La válvula de control o seccionamiento generalmente constituye un elemento instalado en la línea de conducción o distribución y se comporta como un orificio cuya sección transversal de paso varía continuamente con la finalidad de controlar el caudal en una forma determinada.

### CATEGORÍAS O TIPOS DE VÁLVULAS.

Debido a las diferentes variables de diseño, no puede haber una válvula universal; por tanto, para satisfacer los cambiantes requisitos de los sistemas hidráulicos y de la industria en general, se han creado innumerables diseños y variantes con el paso de los años, conforme se han desarrollado nuevos materiales. Todos los tipos de válvulas recaen en nueve categorías: válvulas de compuerta, válvulas de globo, válvulas de bola, válvulas de mariposa, válvulas de apriete, válvulas de diafragma, válvulas de macho, válvulas de retención y válvulas de desahogo (alivio). En los sistemas de agua potable las más usuales son las de compuerta, de globo y de retención.

### VÁLVULAS DE COMPUERTA.

La válvula de compuerta es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento (fig. 1.4.1).

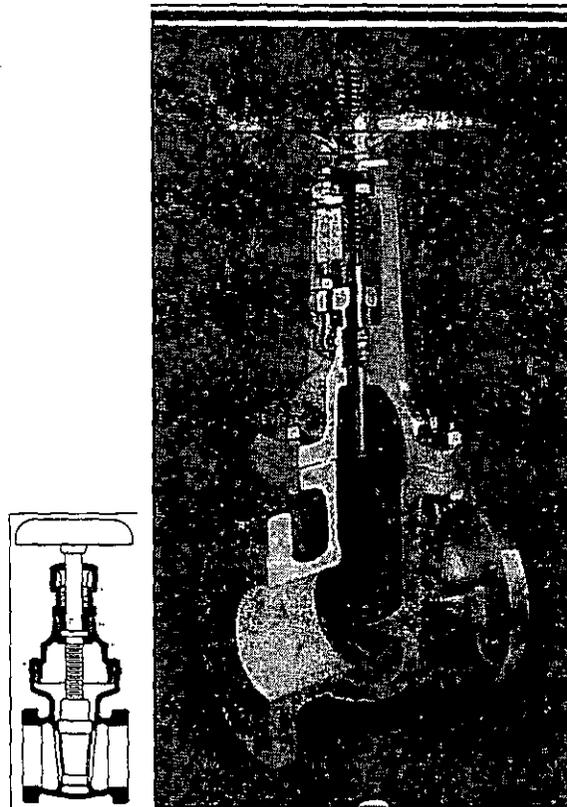


FIGURA 1.4.1 VÁLVULA DE COMPUERTA.

---

**RECOMENDADA PARA**

1. SERVICIO CON APERTURA TOTAL O CIERRE TOTAL, SIN ESTRANGULACIÓN.
2. PARA USO POCO FRECUENTE.
3. PARA RESISTENCIA MÍNIMA A LA CIRCULACIÓN.
4. PARA MÍNIMAS CANTIDADES DE FLUIDO O LIQUIDO ATRAPADO EN LA TUBERÍA.

**APLICACIONES**

1. EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE, SERVICIO GENERAL, ACEITES Y PETRÓLEO, GAS, AIRE, PASTAS SEMILÍQUIDAS, LÍQUIDOS ESPESOS, VAPOR, GASES Y LÍQUIDOS NO CONDENSABLES, LÍQUIDOS CORROSIVOS.

**VENTAJAS**

2. ALTA CAPACIDAD.
3. CIERRE HERMÉTICO.
4. BAJO COSTO.
5. DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO SENCILLOS.
6. POCA RESISTENCIA A LA CIRCULACIÓN.

**DESVENTAJAS**

1. CONTROL DEFICIENTE DE LA CIRCULACIÓN.
2. SE REQUIERE MUCHA FUERZA PARA ACCIONARLA.
3. PRODUCE CAVITACIÓN CON BAJA CAÍDA DE PRESIÓN.
4. DEBE ESTAR CUBIERTA O CERRADA POR COMPLETO.
5. LA POSICIÓN PARA ESTRANGULACIÓN PRODUCIRÁ EROSIÓN DEL ASIENTO Y DEL DISCO.

**VARIACIONES**

1. CUÑA MACIZA, CUÑA FLEXIBLE, CUÑA DIVIDIDA, DISCO DOBLE.
2. MATERIALES
3. CUERPO: BRONCE, HIERRO FUNDIDO, HIERRO, ACERO FORJADO, MONEL, ACERO FUNDIDO, ACERO INOXIDABLE, PLÁSTICO DE PVC.
4. COMPONENTES DIVERSOS.

---

**INSTRUCCIONES ESPECIALES PARA INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

1. LUBRICAR A INTERVALOS PERIÓDICOS.
2. CORREGIR DE INMEDIATO LAS FUGAS POR LA EMPAQUETADURA.
3. NO CERRAR NUNCA LAS LLAVES A LA FUERZA CON LA LLAVE O UNA PALANCA.
4. ABRIR LAS VÁLVULAS CON LENTITUD PARA EVITAR EL CHOQUE HIDRÁULICO EN LA TUBERÍA.
5. CERRAR LAS VÁLVULAS CON LENTITUD PARA AYUDAR A DESCARGAR LOS SEDIMENTOS Y MUGRE ATRAPADOS.

**VÁLVULAS DE GLOBO**

Una válvula de globo es de vueltas múltiples, en la cual el cierre se logra por medio de un disco o tapón que sierra o corta el paso del fluido en un asiento que suele estar paralelo con la circulación en la tubería (fig. 1.4.2).

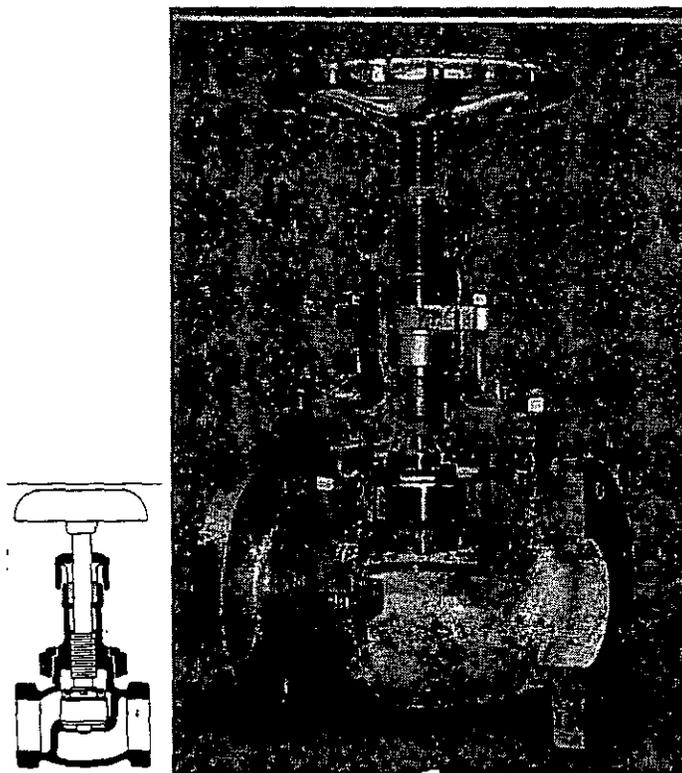


FIGURA 1.4.2 VÁLVULA DE GLOBO.

#### RECOMENDADA PARA

1. ESTRANGULACIÓN O REGULACIÓN DE CIRCULACIÓN.
2. PARA ACCIONAMIENTO FRECUENTE.
3. CUANDO ES ACEPTABLE CIERTA RESISTENCIA A LA CIRCULACIÓN.

#### APLICACIONES

1. EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE, SERVICIO GENERAL, LÍQUIDOS, VAPORES, GASES, CORROSIVOS, PASTAS SEMILÍQUIDAS.

#### VENTAJAS

2. ESTRANGULACIÓN EFICIENTE CON ESTIRAMIENTO O EROSIÓN MÍNIMOS DEL DISCO O ASIENTO.
3. CARRERA CORTA DEL DISCO Y POCAS VUELTAS PARA ACCIONARLAS, LO CUAL REDUCE EL TIEMPO Y DESGASTE EN EL VÁSTAGO Y EL BONETE.
4. CONTROL PRECISO DE LA CIRCULACIÓN.
5. DISPONIBLE CON ORIFICIOS MÚLTIPLES.

#### DESVENTAJAS

1. GRAN CAÍDA DE PRESIÓN.
2. COSTO RELATIVO ELEVADO.

#### VARIACIONES

1. NORMAL (ESTÁNDAR), EN "Y", EN ÁNGULO, DE TRES VÍAS.
2. MATERIALES
3. CUERPO: BRONCE, HIERRO, HIERRO FUNDIDO, ACERO FORJADO, MONEL, ACERO INOXIDABLE, PLÁSTICOS.
4. COMPONENTES: DIVERSOS.

---

**INSTRUCCIONES ESPECIALES PARA INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO  
REGISTRO EN LUBRICACIÓN.**

- HAY QUE ABRIR LIGERAMENTE LA VÁLVULA PARA EXPULSAR LOS CUERPOS EXTRAÑOS DEL ASIENTO.
- APRETAR LA TUERCA DE LA EMPAQUETADURA, PARA CORREGIR

**PROCESOS BÁSICOS PARA EL MANTENIMIENTO DE ALCANTARILLADOS.**

La existencia de problemas serios y costosos en los sistemas de alcantarillado presupone diseños inadecuados o construcción de mala calidad. Las pendientes adecuadas en la tubería generan velocidades del agua suficientes para arrastrar las partículas en procesos de autolimpieza, que minimizan acciones y costos de mantenimiento.

En la ciudad de México, se tienen problemas adicionales de hundimientos del subsuelo por el fenómeno de consolidación unidireccional del suelo, generado por la extracción de agua para satisfacer las demandas de la zona metropolitana.

Esto hace que aunque se dispongan de pendientes adecuadas al momento de terminar la construcción, con el tiempo las tuberías se ven afectadas por estos hundimientos y se generan pendientes bajas o contra pendientes lo cual aumenta la necesidad de un mantenimiento intensivo.

DENTRO DEL MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SE PRESENTAN DOS ASPECTOS RELEVANTES LA INSPECCIÓN DEL SISTEMA Y LA LIMPIEZA.

El procedimiento de limpieza de los ductos del alcantarillado más usado a nivel internacional es mediante el uso de equipos tipo vector de chorro de agua a alta presión y succión.



FIGURA 1.4.4 EQUIPO TIPO VECTOR

El procedimiento de limpieza se inicia al introducir un conducto al pozo de visita para inducir dentro de la tubería un chorro de agua a presión, en la otra salida del pozo de visita se coloca un obstáculo que limita el campo de acción a la tubería en mantenimiento.

Posteriormente se mezcla el flujo de agua con los sedimentos o detritos que son atraídos por succión hacia el conducto de vacío.

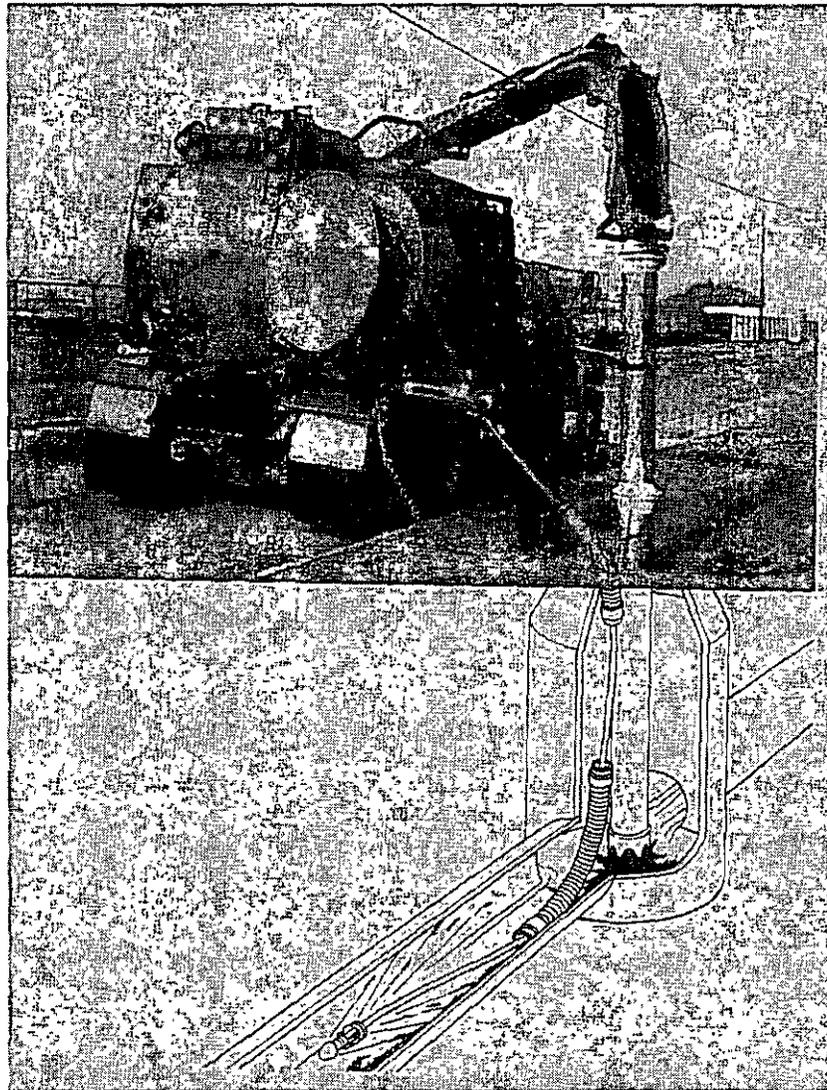


FIGURA 1.4.5 EQUIPO TIPO VACTOR



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS INSTITUCIONALES

CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN  
Y MANTENIMIENTO DE  
REDES HIDRÁULICAS

Del 04 al 24 de Noviembre de 2004

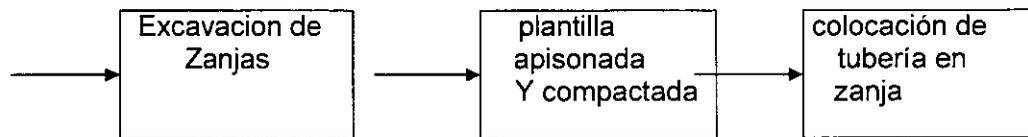
*ANEXOS*

CI - 162

Instructor: Ing. Jorge Luis Grajales Escarpulli  
DELEGACIÓN IZTAPALAPA  
NOVIEMBRE DE 2004

## FLUJOGRAMA O DIAGRAMA DE FLUJO DE ACTIVIDADES

Objetivo.- establecer la secuencia de actividades dentro del proceso constructivo



1. ESTABLECER SECUENCIA DE ACTIVIDADES.
2. DEFINIR DURACION DE CADA ACTIVIDAD.
3. ACUMULAR TIEMPOS DE EJECUCION DE LAS ACTIVIDADES CONSIDERANDO LA SECUENCIA.
4. DEFINIR LA RUTA CRITICA CON EL MAYOR TIEMPO DE EJECUCION

## MATERIALES DE LAS TUBERÍAS PARA SISTEMAS HIDRÁULICOS

### ASBESTO CEMENTO O FIBRO CEMENTO ( A.C. O A.C.P.)

ESTE MATERIAL SE INTRODUCE A LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA EN 1930 APROXIMADAMENTE, SIENDO AMPLIAMENTE UTILIZADO EN SISTEMAS HIDRÁULICOS, ESPECIALMENTE EN AREAS DONDE LA TUBERÍA METALICA PRESENTABA CORROSIÓN.

LA TUBERÍA DE ASBESTO CEMENTO ESTA FABRICADA DE:

- |                      |     |
|----------------------|-----|
| 1. FIBRAS DE ASBESTO | 20% |
| 2. ARENA SILICA      | 30% |
| 3. CEMENTO PORTLAND  | 50% |

EN MÉXICO SE INSTALA LA PRIMERA PLANTA PARA PRODUCIR TUBERÍAS DE ASBESTO CEMENTO EN 1937, SE USO INTENSAMENTE ENTRE LA DECADA DE LOS 50S A LOS 90S, SIENDO DE ESTE MATERIAL LA MAYOR PARTE DE LOS SISTEMAS DE AGUA INSTALADOS EN ESE PERIODO DE TIEMPO. SE PRODUJO

EN DIÁMETROS DE 100 mm (4") HASTA 900 mm (36") CON RESISTENCIAS DE 50, 70, 100 Y 140 m.c.a. (METROS DE COLUMNA DE AGUA). LA NORMA OFICIAL MEXICANA EN RELACIÓN A LA FABRICACIÓN DE TUBERÍA DE ASBESTO CEMENTO ES NMX-C-12-1994-SCP

### TIPOS O CLASES DE TUBERÍA DE ASBESTO CEMENTO

CLASE	RESISTENCIA m.c.a.	RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup>
• A-5	50	5
• A-7	70	7
• A-10	100	10
• A-14	140	14

EL ASBESTO ES SILICATO HIDRATADO DE MAGNECIO DE TEXTURA FIBROSA, SE PRODUCE EN CANADA Y AFRICA DEL SUR, OBTENIDO DE ESTRATOS Y YACIMIENTOS NATURALES DE LOS QUE SE EXTRAEN CON DIVERSAS CALIDADES. TIENE LA PROPIEDAD DE DESHACERSE EN FINISIMAS FIBRAS CON UNA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE HASTA 30,000 KG/CM<sup>2</sup>.

LA TUBERÍA FABRICADA DE ESTE MATERIAL NO SE OXIDA, NI SE CORROE. AUNQUE PUEDE SER VULNERABLE A ALGUNOS TIPOS DE SUELO Y AGUA PARTICULARMENTE AGRESIVOS.

#### VENTAJAS

1. BUENAS CARACTERÍSTICAS RELATIVAS AL FLUJO.
2. LARGA VIDA ÚTIL.- EN MÉXICO EXISTEN TUBERÍAS INSTALADAS CON MÁS DE 50 AÑOS DE OPERACIÓN.
3. ALTA RESISTENCIA MECÁNICA.- DEBIDO AL MÉTODO DE CURADO NATURAL USADO EN LA FABRICACIÓN
4. RESISTENCIA A LA CORROSIÓN.- DEBIDO A LOS COMPONENTES PRESENTA BUENA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN.
5. PESO LIGERO.- SE FABRICA EN TRAMOS DE 3 A 4 M (10 A 13 PIES) CON UN PESO RELATIVAMENTE LIGERO.
6. MANEJABILIDAD.- ES DE FÁCIL MANEJO.
7. MANTENIMIENTO.- ES DE BAJO MANTENIMIENTO.

## DESVENTAJAS.-

1. BAJA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN TRAMOS PEQUEÑOS.
2. VULNERABILIDAD AL DAÑO POR IMPACTO.
3. DIFICULTAD PARA SU LOCALIZACIÓN UNA VEZ ENTERRADA EN ZANJA
4. SE DETERIORA CON SUELOS Y AGUA ALTAMENTE AGRESIVOS.

## MATERIALES DE LAS TUBERÍAS PARA SISTEMAS HIDRÁULICOS

## POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD ( PAD O PEAD).-

LA TUBERÍA Y CONEXIONES DE POLIETILENO SE FABRICAN CON RESINA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD Y ALTO PESO MOLECULAR, LA RESINA DE POLIETILENO BASE, DE ACUERDO A SUS CARACTERÍSTICAS SE ENCUENTRA CLASIFICADA COMO TIPO III GRADO P-34 POR ASTM-1248 Y POR LA CELDA PE-3408 POR EL INSTITUTO DE TUBERÍAS PLÁSTICAS (PPI) ASÍ TAMBIÉN ES ESTABLECIDO POR LA NORMA OFICIAL MEXICANA NMX-E-18 COMO PE 3456. LA TUBERIA ES DE CLASIFICACIÓN ASTM-D3350 QUE SE BASA EN SUS PROPIEDADES FÍSICAS, DE ACUERDO A LA CELDA DECLASIFICACION: PE 345464-C.

## PROPIEDADES GENERALES DE LA MATERIA PRIMA

PROPIEDADES	UNIDADES	METODO DE PRUEBA ASTM	METODO DE PRUEBA NMX	VALOR TÍPICO (-)
INDICE DE FLUIDEZ. 190° 2.160 Kgs.	grs/10 min	D-1238	E-113	0.10
DENSIDAD A 23°C	grs/cm <sup>3</sup>	D-792	E-4	0.947
ESFUERZO A LA TENSION DE CEDENCIA (2 pulg/minuto)	lbs/pulg <sup>2</sup>	D-638	E-82	3000
ELONGACION DE RUPTURA (2 pulg/minuto)	%	D-638	E-82	>500
MODULO DE FLEXIBILIDAD	lbs/pulg	D-790	E-82	>115.000
RESISTENCIA AL IMPACTO IZOD (MUESTRA SIN RANURA)	Pie-lbs/pulg	D-256		8
PUNTO DE ABLANDAMIENTO VICAT	°C	D-1525		124
RESISTENCIA A LA FACTURACION AMBIENTAL (>600 hrs 100°C 20% lites máximo)	Hrs	D-1693		>5000
PRUEBAS PENT	Hrs	F- 1473		>500
TEMPERATURA DE FRAGILIDAD	°C	D-746		<-82°C
COEFICIENTE TERMICO DE EXPANSION LINEAL	pulg/pulg/°C	D-696		1x10 <sup>-1</sup>
CONDUCTIVIDAD TERMICA	W.pulg/pulg.hrs°C	C-177		4.5
CONTENIDO NEGRO DE HUMO	%	D-1603	E-34	2.5
BASES DE DISEÑO HIDROSTATICO A 23°C	lbs/pulg <sup>2</sup>	D-2837		1600

EN MÉXICO SE INSTALA LA PRIMERA PLANTA PARA PRODUCIR TUBERÍAS DE POLIETILENO EN LA DECADA DE LOS 70S, DE INGRESO LENTO EN EL MERCADO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE, POR SU NUEVA TECNOLOGÍA DE UNIÓN Y LA FALTA DE PERSONAL DE CAMPO QUE CONOZCA EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

ESTE MATERIAL AVANZA LENTAMENTE PERO SEGURO EN EL SECTOR DE SISTEMAS HIDRÁULICOS DESPLAZANDO A LOS DEMAS MATERIALES, AL INSTALARSE FABRICAS EN MÉXICO CON COMPONENTES DE IMPORTACIÓN.

LA FABRICACIÓN PARA SISTEMAS DE AGUA POTABLE SE TIENEN EN DIÁMETROS DE 75 mm (3") A 600 mm (24") DE ACUERDO A CATALOGO DE FABRICANTES. SE PUEDEN TENER EN DIÁMETROS DE 13 mm (1/2") HASTA 900 mm (36") CON DIFERENTES ESPESORES.

MEDIDA NOMINAL	
MM	PULG.
75	3
100	4
150	6
200	8
250	10
300	12
350	14
400	16
450	18
500	20
550	22
600	24

## PROPIEDADES DE LA TUBERIA EXTRU-PAK

La tubería EXTRU-PAK a diferencia de otros plásticos y materiales tradicionales, reúne excelentes propiedades físicas, típicas de un polietileno de alta densidad y alto peso molecular, PE 3408 (PE 3456). Las propiedades más importantes y de aplicación ingenieril son:

### DENSIDAD

La tubería contiene un rango de densidad de 0.941 a 965 grs/cm<sup>3</sup> que como polietileno es definido como tipo III.

### CATEGORIA

De acuerdo a su capacidad de fluidez a determinadas condiciones de prueba, el polietileno aplicado para la elaboración de la tubería EXTRU-PAK corresponde a un polietileno categoría 4.

### MODULO DE FLEXIBILIDAD

El módulo de flexibilidad de la tubería EXTRU-PAK fluctúa en rangos de 110.000 a 160.000 lbs/pulg<sup>2</sup>.

### ESFUERZO A LA TENSION

Las características de tensión de la tubería EXTRU-PAK oscilan en valores de 3000 a 3500 lbs/pulg<sup>2</sup>.

### RESISTENCIA AL MEDIO AMBIENTE

Debido a su composición y desarrollo del polietileno aplicado en la elaboración de la tubería EXTRU-PAK, este polímero es capaz de resistir el ataque biológico de los agentes inorgánicos y orgánicos existentes en el subsuelo.

### ESFUERZO HIDROSTATICO

El esfuerzo hidrostático aplicado para el diseño de presiones de trabajo y presiones de reventamiento es de 1600 lbs/pulg<sup>2</sup>.

### PROTECCION UV

Debido a la adición del 2 a 3% del estabilizador UV, negro de humo, la tubería es capaz de resistir por tiempo prolongado a la intemperie sin sufrir degradación en sus superficies.

**VENTAJAS DE LA TUBERIA EXTRU-PAK**

La continua investigación para el desarrollo del polietileno de alta densidad utilizado en la fabricación del Sistema EXTRU-PAK, le otorga características sobresalientes cuando se le compara con tuberías a base de materiales tradicionales. Algunas de estas características son:

**UNIONES POR TERMOFUSION**

Las uniones de tuberías y conexiones EXTRU-PAK se llavan a cabo por medio de termofusión, esto es calentando simultáneamente, las dos partes por unir hasta alcanzar el grado de fusión necesario para que después, con una presión controlada sobre ambos elementos, se logre una unión monolítica más resistente que la tubería misma y 100% hermética.

Cuando sea necesario hacer una transición entre el sistema EXTRU-PAK y otro tipo de materiales se dispone de uniones mecánicas como son los adaptadores bridados y de compresión.

**AMPLIA GAMA DE DIAMETROS**

EXTRU-PAK está disponible en diámetros nominales desde 13 mm. (1/2") a 900 mm. (36") con diferentes espesores de pared, lo que permite el uso de la tubería en diversas condiciones de trabajo.

La relación entre el diámetro exterior y el espesor de pared (RD) va de acuerdo al sistema IPS.

**FACTORES DE FLUJO**

La tersura de la pared interior de la tubería EXTRU-PAK se conserva durante todo el tiempo que se requiere de su servicio, debido a la resistencia que tiene a las incrustaciones.

Los valores empleados para el cálculo son:

C de 150 para la fórmula de Hazen-Williams y n de .009 como factor de Manning.

**RESISTENCIA AL IMPACTO**

Con EXTRU-PAK no se tiene el riesgo de pérdidas de material por fracturas debidas a golpes en el manejo de carga, almacenamiento o instalación. Esto evita hacer gastos para excedentes por desperdicios.

**FLEXIBILIDAD**

En todos los diámetros de tubería es posible disminuir considerablemente la cantidad de codos para el cambio de dirección si el radio de curvatura de la tubería se conserva con un mínimo de 10 a 20 veces el diámetro del tubo, según el RD que se utilice.

RD	Radio Mín.	RD	Radio Mín.
41	22	17	13
32.5	20	13.5	10
26	18	18	10
21	16	16	10

Esto, aunado a la tersura de su pared, disminuye al mínimo posible las pérdidas por fricción.

**LIGEREZA**

EXTRU-PAK pesa mucho menos que la mayoría de otras tuberías en los mismos diámetros, como es el caso del concreto, el acero, el asbesto-cemento y el fierro fundido.

Su peso específico es de 0.955-0.957 por lo que puede inclusive flotar en el agua, característica que se refleja en ahorros substanciales en mano de obra y manejo para acarreo e instalación de la tubería.

### RESISTENCIA QUIMICA

EXTRU-PAK es inerte a la acción de la mayoría de los agentes químicos que se manejan en la industria y no se ve afectada por la composición natural de los diferentes terrenos o agua marina.

Como la tubería EXTRU-PAK no es conductora de electricidad no se presenta la corrosión por electrólisis. Asimismo, no favorece el crecimiento de algas o bacterias, ni la incrustación de los sólidos presentes en el agua.

### DURABILIDAD

El tiempo de vida útil estimado para la tubería en redes subterráneas que conducen agua a 23° C es 50 años, lo que supera sus creces cualquier estimado de amortización en este capítulo de servicios públicos.

### MANTENIMIENTO NULO

Las características mencionadas en los capítulos de Uniones por Termofusión, Factores de Flujo, Resistencia Química y Durabilidad, eliminan la necesidad de mantenimiento en las redes de EXTRU-PAK y, lo que es más importante, no se tienen los problemas de pérdidas constantes de agua por las uniones o por fracturas del material, que afectan los pavimentos, costo de equipo de bombeo y motivan elevados desperdicios de agua o contaminación de la misma, como puede suceder con otras tuberías.

### RESISTENCIA A LA ABRASION

EXTRU-PAK se utiliza de forma inmejorable en el manejo de materiales altamente abrasivos, como es el caso de conducción de lodo o "Slurry", con una vida hasta 4 veces mayor que el acero en estos sistemas, por lo que

EXTRU-PAK ha tenido una gran aceptación en minería.

### RESISTENCIA A LA INTEMPERIE

EXTRU-PAK cuenta con una protección contra los daños que pudiera causar su exposición a los rayos ultravioleta del sol. El material contiene de 2-3% de negro humo, uniformemente disperso, que además de darle color negro uniforme lo protege de los efectos adversos de la intemperie por más de 50 años.

### RESISTENCIA EN ZONAS DIFICILES

Las propiedades físicas y químicas del material otorgan a EXTRU-PAK la característica relevante de poder utilizarse en cualquier tipo de terreno. La tubería no es frágil ni excesivamente rígida, se flexiona ajustándose al contorno natural del terreno y absorbe esfuerzos por impacto, por lo que no requiere de zanjas profundas. Solo en terreno rocoso se recomienda proteger la tubería del contacto directo de piedras agudas.

Las características de resistencia y flexibilidad permite que la tubería absorba esfuerzos por oleaje, vibración o movimientos de terreno, por lo que su aplicación resulta la opción ideal en el cruce de ríos, lagos, pantanos o donde el terreno sea arenoso o inestable, absorbiendo con eficiencia esfuerzos provocados por movimientos sísmicos de mediana y baja intensidad.

### TEMPERATURA

Todas las tuberías termoplásticas son sensibles a los cambios de temperatura. Conforme la temperatura aumenta, la resistencia de la tubería a esfuerzos prolongados disminuye y viceversa.

NOTA.- SE TOMA LA INFORMACIÓN DEL FABRICANTE SIN QUE IMPLIQUE RECOMENDACIÓN EXPRESA A UN PROVEEDOR

## TUBERÍAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD ( PAD O PAED).-

### FLEXION LONGITUDINAL

EN LA CONSTRUCCIÓN DE GRANDES LÍNEAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA MEDIANTE TUBERÍAS, ES NECESARIO DAR DEFLEXIONES. LA FLEXIBILIDAD NATURAL DELPOLIETILENO PERMITIRÁ CURVATURAS DE UN RADIO PEQUEÑO.

EL GRADO EN EL CUAL LA TUBERÍA PUEDE DOBLARSE DEPENDE DE LA RELACIÓN DIÁMETRO AL ESPESOR, D/T O RD. LA SIGUIENTE TABLA ILUSTRALOS DOBLECES RECOMENDADOS PARA CADA RADIO.

RD	Mínimo Radio (en diámetros)
41	21
32.5	20
26	18
21	16
17	13
13.5	12
11.9.7.3	10

DESDE EL PUNTO DE VISTA DE UNA INSTALACIÓN, UN RADIO DE 1.5 VECES DE LOS FACTORES DE ARRIBA PUEDE SER MÁS PRACTICO PARA UNA TUBERÍA DE 24" Y MAYORES.

## MATERIALES DE LAS TUBERÍAS PARA SISTEMAS HIDRÁULICOS

LAS TUBERÍAS PLASTICAS SE FABRICAN EN POLICLORURO DE VINILO (PVC),POLIETILENO (PE), POLIBIETILENO (PB) O POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD ( PAD O PEAD).-

EL POLICLORURO DE VINIL PVC ES UNA RESINA PLASTICA, VOLÁTIL E INCOLORA. ES PRODUCTO DE LA POLIMERIZACIÓN DE MOLECULAS DE CLORURO DE VINILO.

EL DESCUBRIMIENTO DEL PVC SE REMONTA A FINALES DEL SIGLO XIX. PARA 1920 SE RETOMA PRINCIPALMENTE EN ALEMANIA LA UTILIZACIÓN DE ESTE MATERIAL, SIENDO EN LA DECADA DE LOS TREINTA CUANDO SE PRODUCEN LAS PRIMERAS TUBERÍAS DE ESTE MATERIAL. EN MÉXICO LOS PRIMEROS SISTEMAS HIDRÁULICOS CON TUBERÍA DE PVC SE CONSTRUYEN EN 1964.

LOS PROCESOS MÁS COMUNES EN LA FABRICACIÓN DE TUBERÍA DE PVC, SON EXTRUSIÓN, INYECCIÓN Y FORMACIÓN MANUAL DE PIEZAS.

#### **VENTAJAS.-**

LAS VENTAJAS DE LA TUBERIA DE PVC SON:

1. EXCEPCIONALMENTE BAJA RUGOSIDAD INTERIOR.
2. QUÍMICAMENTE INERTE.- ES COMUN QUE NO REACCIONE CON EL AGUA O SUELO CIRCUNDANTE. NO NECESITA PROTECCIÓN CONTRA CORROSIÓN.
3. MUY BAJO PESO.- ESTA CARACTERÍSTICA HACE MUY SENCILLO SU MANEJO E INSTALACIÓN.
4. FACILIDAD DE CORTE.
5. RESISTENTE A GRAN CANTIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS.

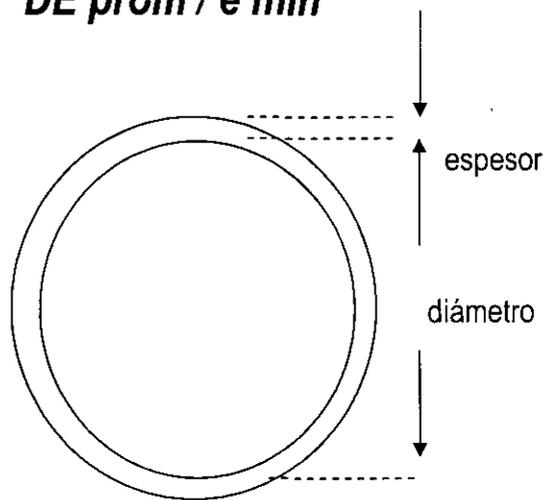
#### **DESVENTAJAS**

1.- SUCEPTIBLE DE DAÑARSE EN SU MANEJO E INSTALACIÓN. PUEDE DAÑARSE POR SUPERFICIES ASPERAS O ROCAS SALIENTES DURANTE LA EXCAVACIÓN O COLOCACIÓN EN ZANJA.

VULNERABLE A DAÑARSE POR LA RADIACIÓN DE LOS RAYOS ULTRAVIOLETA POR LA IRRADIACIÓN SOLAR CUANDO SE DEJA A LA INTEMPERIE POR LARGOS PERIODOS.

RESISTENCIA DE ACUERDO A LA RELACION DE DIMENSIONES RD  
EL RD SE DEFINE COMO EL COCIENTE DE DIVIDIR EL DIÁMETRO EXTERNO PROMEDIO ENTRE EL ESPESOR MÍNIMO DE LA PARED DEL TUBO.

$$RD = DE \text{ prom} / e \text{ min}$$



RD	PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO (KG/CM <sup>2</sup> )
41.0	6.9
32.5	8.6
26.0	11.0
13.5	21.7

LA FABRICACIÓN DE ESTA TUBERIA ES DE DIÁMETROS DESDE 50 mm (2") HASTA 900 mm (36"). EN MÉXICO SU USO MAS COMUN ES EN EL RANGO DE 75 (3") HASTA 300 (12").

## MATERIALES DE LAS TUBERÍAS PARA SISTEMAS HIDRÁULICOS

### TUBERÍAS DE ACERO

EL ACERO ES UN MATERIAL DE ALTA RESISTENCIA, QUE SE HA USADO EN TUBERÍAS DE SISTEMAS HIDRÁULICOS, CON RESTRICCIONES POR SU ALTO COSTO.

LA MANUFACTURA DE TUBERÍAS DE ACERO ES EN DIÁMETROS DE 168 mm (6.6 ") a 1220 mm ( 48" ). EL PROCESO DE PRUDUCCIÓN SE INICIA CON CON

**EL CORTO DE LA PLACA O ROLLO AL ANCHO REQUERIDO DE ACUERDO AL DIÁMETRO.**

**EXISTEN VARIOS METODOS PARA FABRICAR LA TUBERÍA DE ACERO COMO SON:**

- 1. TUBOS CON SOLDADURA A MANO.**
- 2. TUBOS SOLDADOS CON ARCO SUMERGIBLE**
- 3. TUBOS SIN COSTURA**
- 4. TUBOS EN HELICOIDE**

**VENTAJAS:**

**RESISTENCIA A LA TENSIÓN. GENERALMENTE SE SOPORTAN ESFUERZOS DEL ORDEN DE 1,000 A 2,000 kg/cm<sup>2</sup>.**

**VIDA ÚTIL.- SE CONSIDERA QUE CON LA ADECUADA PROTECCIÓN Y MANTENIMIENTO PUEDE LA VIDA ÚTIL LLEGAR A 100 AÑOS. ALGUNAS REFERENCIAS MENCIONAN LA OPERACIÓN DE ESTAS TUBERÍAS ENTRE 80 Y 100 AÑOS.**

**DUCTILIDAD DEL ACERO.- ESTA TUBERÍA ACEPTA DEFORMACIONES DE CONSIDERACIÓN SIN FRACTURARSE.**

**RESISTENCIA AL IMPACTO.- LA TUBERÍA DE ACERO POSEE GRAN RESISTENCIA A LOS IMPACTOS, VIBRACIONES, ASENTAMIENTOS.**

**SE FABRICAN EN DIFERENTES ESPESORES DE ACUERDO A DIFERENTES CÉDULAS. SIGUEN NORMAS DE LA API AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, ASTM AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, NMX NOMA MEXICANA.**

**MATERIALES DE LAS TUBERÍAS PARA SISTEMAS HIDRÁULICOS**

**TUBERÍAS DE CONCRETO.-**

**SE FABRICAN EN CONCRETO SIMPLE, REFORZADO Y PRESFORZADO.**

**LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE ESTA TUBERÍA SON:**

- 1. CEMENTO.- EL CEMENTO SERÁ DE TIPO PORTLAND I, II O V.**
- 2. AGREGADOS FINOS.- LOS AGREGADOS FINOS ESTARAN FORMADOS POR PARTÍCULAS LIMPIAS, DURAS Y SIN INCRUSTACIONES.**
- 3. AGREGADOS GRUESOS.- SON FRAGMENTOS DE ROCA DUROS, DENSOS CON UN DIÁMETRO MAYOR DE 5.0 mm, LIBRES DE POLVO, TIERRA, ÁLCALIS Y MATERIA ORGÁNICA.**
- 4. ACERO DE REFUERZO.- SON VARILLAS LISAS O CORRUGADAS, CON UNA RESISTENCIA DE FLUENCIA DE 5,200 kg/cm<sup>2</sup>.**

---

SE EMPLEAN PARA DIÁMETROS GRANDES EN AGUA POTABLE, EN UN RANGO SUPERIOR A 500 mm (20").

**VENTAJAS:**

ALTA RESISTENCIA. SE EMPLEAN PARA PRESIONES INTERNAS MAYORES A 100 m.c.a. (10 KG/CM<sup>2</sup>)

VIDA ÚTIL...- 50 AÑOS, DE ACUERDO A MUCHAS INSTALACIONES TODAVIA FUNCIONANDO.

GRAN RESISTENCIA A LA CORROSIÓN.

BAJO MANTENIMIENTO

BUENAS CARACTERÍSTICAS AL FLUJO.

RESISTENCIA A CARGAS EXTERNAS.

**DESVENTAJAS:**

COSTO.- ALTO COSTO COMPARATIVO CON TUBERÍAS DE OTROS MATERIALES.

FACILIDAD DE DAÑO EN TRANSPORTE Y MANEJO EN OBRA, SOBRE TODO EN JUNTAS.

DETERIORO EN SUELOS ALCALINOS SI EL TIPO DE CEMENTO NO ES EL ADECUADO O EN SUELOS ACIDOS SI NO ES PROTEGIDO.

PESO

## **MATERIALES DE LAS TUBERÍAS PARA SISTEMAS HIDRÁULICOS**

**POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD ( PAD O PEAD).-**

### RENDIMIENTO DE INSTALACION POR TERMOFUSION

TRABAJO UNION A TOPE EN	PRESENTACION	RENDIMIENTO POR JORNADA 8 HRS.	ELEMENTOS DE CUADRILLA
1" A 1 1/2"	Rollo 150 m.	5,400 m.	1 Oficial y 1 Ayudante
2"	Rollo 150	4,950	
3"	Tramo 10	800	
4"	Tramo 10	720	
6"	Tramo 10	680	1 Oficial y
8"	Tramo 12	400	2 Ayudantes
10"	Tramo 12	320	
12"	Tramo 12	240	1 Oficial y
16"	Tramo 12	216	1 Ayudante
18"	Tramo 12	192	Equipo Hidráulic
24"	Tramo 12	144	Autom.
36"	Tramo 12	120	Autom.
UNION A SOCKET Conexiones	Por Termofusion	60 Uniones	1 Oficial y 1 Ayudante
Colocacion Toma Domiciliaria	Silleta, Tuberia y Elevador	40 Tomas	

Nota: Con personal capacitado

**DIAGRAMA DE BARRAS O GANTT****ACTIVIDAD :**

donde.

$t_i$  = tiempo de inicio de la actividad

$t_f$  = tiempo final de la actividad

$d$  = duracion de la actividad

$d = t_i - t_f$

la duracion dependera de .

- cantidad de obra o actividad por ejecutar
- rendimiento = producción de la plantilla de personal y equipo por unidad de tiempo

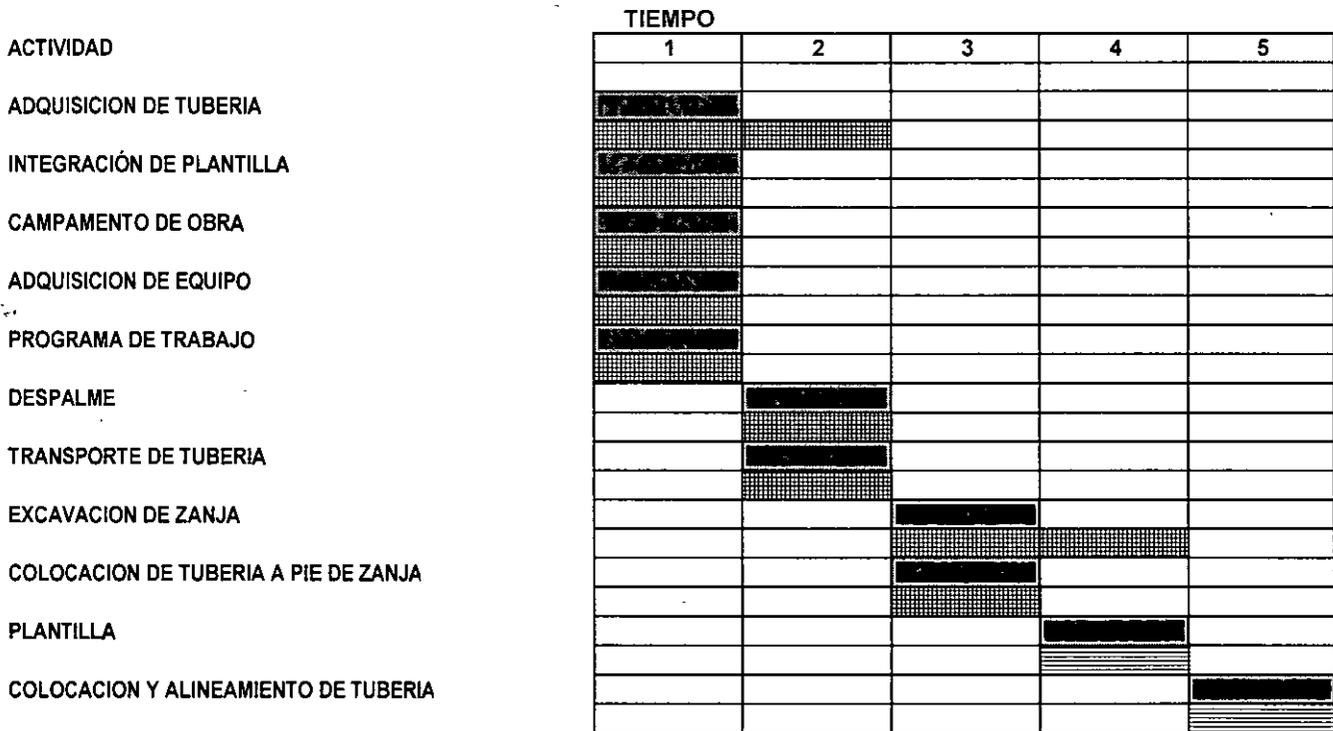


# DIAGRAMA DE BARRAS

ACTIVIDAD	TIEMPO				
	1	2	3	4	5
ADQUISICION DE TUBERIA	█				
INTEGRACIÓN DE PLANTILLA	█				
CAMPAMENTO DE OBRA	█				
ADQUISICION DE EQUIPO	█				
PROGRAMA DE TRABAJO	█				
DESPALME		█			
TRANSPORTE DE TUBERIA		█			
EXCAVACION DE ZANJA			█		
COLOCACION DE TUBERIA A PIE DE ZANJA			█		
PLANTILLA				█	
COLOCACION Y ALINEAMIENTO DE TUBERIA					█



# DIAGRAMA DE BARRAS CONTROL DE AVANCES



AVANCE PROGRAMADO



AVANCE REAL