

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

**"OPTIMIZACION DEL DRENAJE SANITARIO Y  
PLUVIAL UTILIZANDO TUBERIA  
PERFILADA P.V.C."**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

POR

**CARLOS HUMBERTO RODRIGUEZ PAZ**

AL CONFERIRSE EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 1,996

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA**

<b>DECANO</b>	<i>Ing. Julio Ismael González Podszueck.</i>
<b>VOCAL PRIMERO</b>	<i>Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra.</i>
<b>VOCAL SEGUNDO</b>	<i>Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano.</i>
<b>VOCAL TERCERO</b>	<i>Ing. Juan Adolfo Echeverria Méndez</i>
<b>VOCAL CUARTO</b>	<i>Br. Fernando Waldemar De León Contreras.</i>
<b>VOCAL QUINTO</b>	<i>Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor.</i>
<b>SECRETARIO</b>	<i>Ing. Francisco Javier González López.</i>

**TRIBUNAL QUE PRACTICO  
EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

<b>DECANO</b>	<i>Ing. Julio Ismael González Podszueck.</i>
<b>EXAMINADOR</b>	<i>Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno.</i>
<b>EXAMINADOR</b>	<i>Ing. Francisco Javier Quiñonez.</i>
<b>EXAMINADOR</b>	<i>Ing. Marco Tulio Ventura Roldán</i>
<b>SECRETARIO</b>	<i>Ing. Francisco Javier González López.</i>



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 06 de agosto de 1996

Ingeniero  
Jack Douglas Ibarra S.  
**DIRECTOR ESCUELA INGENIERIA CIVIL**  
Facultad de Ingeniería


Señor Director:

Por este medio actuando como Asesor y Jefe del Departamento de Hidráulica le comunico que el trabajo de tesis del estudiante universitario CARLOS HUMBERTO RODRIGUEZ PAZ, con carnet 82-10840 titulado: "OPTIMIZACION DEL DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL UTILIZANDO TUBERIA PERFILADA P.V.C.", ha sido satisfactoriamente concluido, así como todas aquellas observaciones de índole técnico que éste Departamento hiciera en su debida oportunidad, las cuales han sido incluidas en este trabajo de tesis, por lo que el presente trabajo se dá por aprobado.

En base a lo anterior, me permito sugerir dicho trabajo para investigaciones y proyectos futuros que utilicen la tubería perfilada P.V.C., ya que el mismo contiene parámetros y cálculos hidráulicos que podrán facilitar la utilización de este tipo de materiales en conducciones hidráulicas.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Marco Tulio Ventura Roldán  
Ingeniero Hidráulico  
ASESOR Y JEFE DEL DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y Coordinador Jefe del Departamento de Hidráulica Ing. Marco Tulio Ventura Roldán el trabajo de tesis del estudiante Carlos Humberto Rodríguez Paz, titulado "OPTIMIZACION DEL DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL UTILIZANDO TUBERIA PERFILADA P.V.C.", da por este medio su aprobación a dicha tesis.

Ing. Jack Douglas Darrá Solórzano



Guatemala, agosto de 1,996.

JDIS/isa.



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

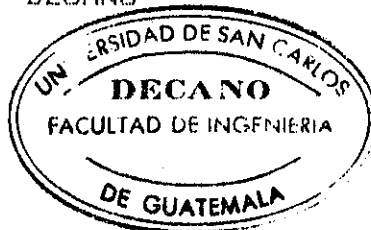
Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis OPTIMIZACION DEL DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL UTILIZANDO TUBERIA BERFILADA P.V.C. del estudiante Carlos Humberto Rodríguez Paz, a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck

DECANO



Guatemala, agosto de 1,996

/isa.

**TRABAJO QUE DEDICO A:**

**DIOS** *Por darme fuerzas para llegar a la meta.*

**MIS PADRES**

*En especial a mi Madre **María Elena Paz**, por la herencia más grande que me ha dado: ... "Mi Estudio".*

**MI ESPOSA**

*Silvia Lorena Rada de Rodríguez; **GRACIAS** por tu constante apoyo.*

**MIS HIJAS**

*María José y Gabriela María Rodríguez Rada; mi razón de ser.*

**MIS HERMANOS**

*Marina Elizabeth, Luis Arturo, Héctor Aroldo, Hugo Waldemar, Daffné, Alejandro y Allan Armando Rodríguez Paz; gracias infinitas a DIOS por ser mi familia.*

**MIS CUÑADOS**

*Carlos Francisco, José Antonio, Angélica María y Johana Lisseth.*

**MIS SOBRINOS**

*Russell, Juan Carlos, Jessica, Luis Angel, Luis Pablo, Luis Pedro, Juan José, César, Alejandra y José David.*

## G L O S A R I O

1. **ACCESORIOS:** Elementos secundarios en los ramales de tuberías, tales como codos, tees, tees reductoras, etc.
2. **ENTIBAMIENTO:** Apuntalamiento con madera (parales, tablones, etc.) en las paredes de las excavaciones de zanjas.
3. **NIVEL FREÁTICO:** Aporte producido por la percolación profunda. Es el que ocasiona que sigan corriendo los ríos en tiempo de sequía y permanece constante durante una tormenta.
4. **PENETROMETRO:** Instrumento que mide la resistencia del suelo (compactado)
6. **PLASTIFICANTES:** Son sustancias de bajo peso molecular (cadena corta), que se agregan para reducir el peso molecular promedio de un polímero y hacerlo más flexible.
5. **POLIMERO:** Compuestos en los cuales las sub-unidades básicas a nivel molecular son moléculas de cadena larga. Macromolécula (molécula grande) formada por la unión de una misma molécula. Por ejemplo: en la naturaleza "la celulosa", polímeros sintéticos como la molécula de "etileno" que se repite.
6. **TERMOPLÁSTICOS:** Categoría de los plásticos, que se deforman con facilidad a temperaturas elevadas y al enfriarse se endurecen otra vez. Las resinas termoplásticas se deforman con facilidad al aplicarles presión, y se utilizan para hacer productos moldeados.

# I N D I C E

	<u>PAGINA</u>
<b>GLOSARIO</b>	<i>i</i>
<b>INTRODUCCION</b>	<i>ii</i>
<b>I DESCRIPCION DE LA TUBERIA PERFILADA P.V.C.</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción del tubo	<b>1</b>
1.2 Fabricación del tubo	<b>2</b>
<b>II APLICACIONES DE LA TUBERIA PERFILADA P.V.C.</b>	<b>6</b>
2.1 Instalación	<b>6</b>
2.2 Alcantarillado pluvial	<b>18</b>
2.3 Alcantarillado sanitario	<b>24</b>
2.4 Entubamiento de cauces naturales	<b>30</b>
2.5 Drenaje longitudinal en carreteras	<b>31</b>
2.6 Otras aplicaciones	<b>35</b>
<b>III CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA PERFILADA P.V.C.</b>	<b>40</b>
3.1 Características del tubo	<b>40</b>
3.2 Características físicas	<b>40</b>
3.3 Características químicas	<b>41</b>
3.4 Características hidráulicas	<b>43</b>
3.5 Características resistentes	<b>45</b>
3.6 Características debidas al sistema de fabricación	<b>47</b>
3.7 Variedad de diámetros	<b>47</b>
<b>IV VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TUBERIA PERFILADA P.V.C. CON LA TUBERIA DE CEMENTO</b>	<b>49</b>
4.1 Relación peso-resistencia	<b>49</b>
4.2 Rugosidad de superficie	<b>50</b>
4.3 Longitud	<b>50</b>
4.4 Instalación	<b>51</b>
4.5 Costo-eficiencia	<b>51</b>
<b>V COMPORTAMIENTO HIDRAULICO COMPARATIVO DE LA TUBERIA PERFILADA P.V.C. CON LA TUBERIA DE CEMENTO</b>	<b>56</b>
<b>VI OPTIMIZACION DE LA TUBERIA PERFILADA P.V.C.</b>	<b>67</b>
6.1 Alcantarillado pluvial	
6.2 Alcantarillado sanitario	
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>iii</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>v</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>vii</b>
<b>ANEXOS</b>	



## INTRODUCCION

*Partiendo de consideraciones técnicas y sanitarias, en el presente trabajo, se consideran las exigencias del mundo moderno de materiales de alta calidad, que aventajan a los existentes por la inmensa cantidad de beneficios y servicios que prestan a los consumidores; es así, como en estos años de grandes avances científicos, se ha descubierto el cloruro de polivinilo internacionalmente conocido como P.V.C., para tuberías que conducen agua a presión y a baja presión o en canal abierto.*

*Debido a las notables características de este polímero es que se han estudiado métodos de producción y diseñado formulaciones apropiadas que permitan utilizarlo como materia prima básica y producir tuberías que mantienen sus excelentes propiedades.*

*Las formulaciones que se utilizan en la producción de tuberías de P.V.C. llevan como aditivos a lubricantes, estabilizadores, modificadores de impacto, ayudantes de proceso y pigmentos. Esta serie de productos permiten procesar el polímero manteniendo sus propiedades fisicoquímicas básicas, con mejoras necesarias según la finalidad del producto deseado.*

*Las tuberías de P.V.C. son altamente resistentes a la acción de ácidos y bases diluidas o concentradas, y es completamente inerte al agua.*

*Actualmente, en nuestro país, se necesita de un material que permita altos índices de rendimiento de mano de obra y evacúe las aguas sanitarias y pluviales lo más rápido posible, es así, como nació el interés en desarrollar un producto que cumpliera con estas condiciones, el cual se logró con la fabricación de la tubería perfilada P.V.C.*

*Por lo tanto, si las personas y entidades responsables del desarrollo de obras de alcantarillado urbano, tomaran en cuenta lo que en este trabajo de tesis se expone, el objetivo del mismo se habrá cumplido.*

## CAPITULO 1

### "DESCRIPCION DE LA TUBERIA PERFILADA P.V.C."

#### 1.1 DESCRIPCION DE LA TUBERIA:

Es una tubería formada por el enrollamiento de una banda o perfil hecho de P.V.C. rígido, no plastificado como materia. Se entiende como P.V.C. no plastificado la resina de cloruro de polivinilo no plastificada técnicamente (menos del 1% de impureza).

Esta tubería puede tener múltiples aplicaciones, por ejemplo: conducciones de agua a canal abierto o baja presión en condiciones de zanja o terraplen, sistema de conducción de aire acondicionado para sótanos, para extracción de polvo de las máquinas corta-madera, sistema de tubería para circulación de aire en túneles, sistema de extracción para trabajos de metal, plantas de automóviles y procesadoras de alimentos, sistema de conductos para fábricas químicas y farmacéuticas.

Las aplicaciones principales de la tubería perfilada P.V.C. para conducciones de agua a canal abierto, son las siguientes: alcantarillados pluviales y sanitarios, sustitución de canales de riego, drenaje agrícola sub-superficial, drenaje de carreteras y entubamiento de cauces superficiales, conceptos que se definirán en el capítulo siguiente.

La tubería perfilada P.V.C. se fabrica siguiendo las más estrictas normas de calidad impuestas por la ASTM (American Society for testing and materials), COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas), etc.; además son muy livianas, debido al diseño del perfil que le da una excelente relación peso-resistencia, puede ser manipulada en obras de difícil acceso; normalmente se fabrican en 6 mts., pero se pueden hacer de mayor longitud en el sitio u obra, con una amplia gama de diámetros, lo que implica un gran ahorro en el costo del transporte.

La tubería perfilada P.V.C., es impermeable al agua y resistente a la mayoría de los ácidos y químicos del suelo. Con una baja rugosidad de superficie, tiene mayor eficiencia hidráulica que el concreto, asbestos y tuberías corrugadas por dentro.

Los requisitos de zanja usualmente son del tipo estrechas, o sea  $a = D + 40$  cms., donde "D" es el diámetro nominal del tubo y "a" el ancho de la zanja; además se requiere de un relleno mínimo sobre la corona del tubo cuando hay tráfico y para cuando no lo hay, esto se especificará mas adelante. Existe también la posibilidad de reforzar con losas de concreto, cuando las cargas son excesivas y los rellenos muy pequeños.

Para el drenaje se debe procurar que las zanjas estén debidamente drenadas a efecto de evitar humedecimiento del material de relleno; en lo que respecta al material que rodea al tubo, éste consistirá en una cama de material libre de limos, arcillas y piedra, que luego será compactado por capas con compactador manual.

El relleno de las zanjas, puede ser con el mismo material que se excavó, solo que hay que eliminar el material orgánico.

La tubería perfilada P.V.C. está diseñada para instalarse bajo condiciones de carga en carreteras y también en casos donde las cargas muertas sean considerables.

En algunos casos se deberá compactar el material de relleno cuando las cargas muertas sean de consideración, a efecto de disminuir la carga final sobre el tubo.

## 1.2 FABRICACION DEL TUBO:

La tubería perfilada P.V.C. presenta aspectos revolucionarios en cuanto a su concepción y a su proceso de fabricación.

Se trata de un tubo de P.V.C. de pared exterior nervada y pared interior lisa, fabricado a base de P.V.C. rígido no plastificado como materia. Se entiende como P.V.C. no plastificado la resina de cloruro de polivinilo no plastificada, técnicamente pura (menos del 1% de impurezas), y en una proporción del 96% exento de plastificantes. Podrá contener otros componentes tales como estabilizadores, lubricantes y modificadores de las propiedades finales.

Con este producto, de tan excelentes características se fabrica una banda nervada, cuyos perfiles garantizan al tubo una alta rigidez y resistencia. Los bordes de esta banda nervada están conformados para ser engatillados.

La banda se enrolla helicoidalmente formando el tubo del diámetro que se desee, mediante una máquina especial que, además de fijar el diámetro, efectúa el encaje de los bordes de la banda y aplica sobre éstos un polimerizador que actúa como soldadura química. En su configuración final la tubería es nervada exteriormente y de pared interior lisa, asegurando un alto momento de inercia a la pared del tubo.

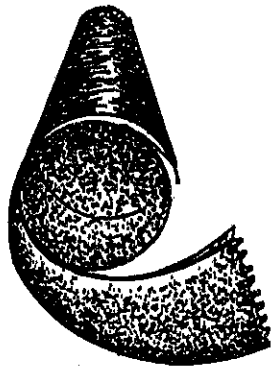
- a. Configuración de la espiral (enrollamiento helicoidal):  
Forma acanalada estructurada, corte vertical único y máquina especial de roscado, produce un tubo especialmente roscado.
- b. Forma del corte vertical:  
Configuración acanalada, imparte fuerza al mismo tiempo que reduce su peso.
- c. Mecanismo de fijación de corte vertical:  
Confiable sistema de doble fijación, el cual consiste en una cerradura principal y una secundaria, reforzada con un sello de cemento solvente para asegurar un sello atado de gas.

Para los incisos b) y c)

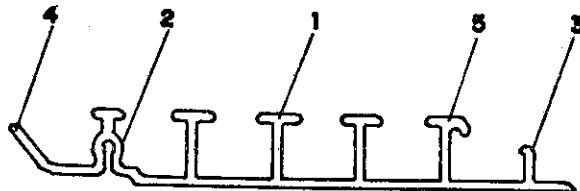
1. Sección acanalada en forma de T
2. Cerradura hembra principal
3. Cerradura macho principal
4. Cerradura macho secundaria
5. Cerradura hembra secundaria

La instalación de la máquina conformadora del tubo a pie de obra, permite fabricar por primera vez tubería de P.V.C. en la misma obra, pudiendose adaptar, en cada momento, los diámetros y longitudes de los tubos fabricados a las necesidades concretas de cada tramo de tubería diseñado.

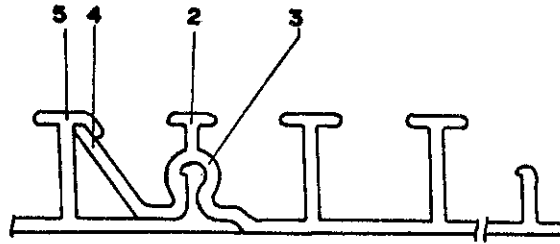
a) **CONFIGURACION DE LA ESPIRAL**



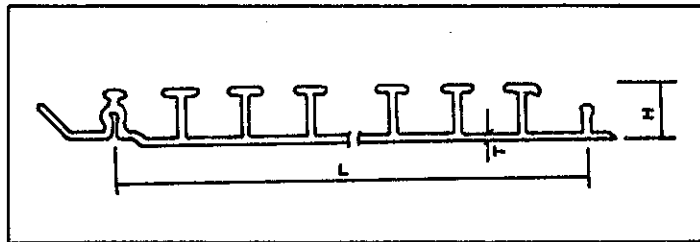
b) **FORMA DE CORTE VERTICAL**



c) MECANISMO DE FIJACION DE CORTE VERTICAL



**DIMENSIONES DE CORTE VERTICAL:**



<i>DIMENSIONES EN (mm)</i>				
<i>No.</i>	<i>L</i>	<i>T</i>	<i>H</i>	$\phi$
85	85	0.8	5.3	200-650
90	90	1.0	7.7	350-800
160	160	1.5	15.5	500-1000

## CAPITULO 2

### "APLICACIONES DE LA TUBERIA PERFILADA P.V.C."

La aplicación típica de la tubería perfilada P.V.C. comprende: conducción de aguas pluviales, drenajes sub-superficiales, saneamientos, encauzamiento de cursos naturales de agua, etc.

#### 2.1 INSTALACION:

A fin de obtener los mejores resultados derivados de las ventajas mecánicas obtenidas con el tubo perfilado P.V.C. de acuerdo a los ensayos realizados en el laboratorio de materiales del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala y la experiencia en otros países, es preciso establecer unas condiciones de instalación del tubo en zanja. Debe recordarse antes de proceder, que toda zanja excavada, mayor de 2 mts. de profundidad, debe llevar entibamiento para el bienestar de todos los trabajadores que escavan zanjas profundas. De esta forma se evitarán derrumbes en las paredes de las zanjas y a la vez, la pérdida de vidas humanas.

##### 2.1.1 Relleno de zanja:

Con el fin de lograr el adecuado trabajo mecánico-resistente del tubo, es necesario establecer condiciones de instalación del tubo en la zanja.

Si las condiciones de instalación de tubería perfilada P.V.C. se cumplen a cabalidad, se evitará o limitará al máximo la posible deformación del tubo por sus zonas laterales, por lo que se deben exigir rellenos altamente compactados. Como la compactación exigida resulta difícil de conseguir, pues el espacio que queda entre el tubo y la zanja es reducido, y además sería necesario establecer un control sistemático del

grado de compactación alcanzado, la recomendación para la instalación de la tubería perfilada P.V.C. parte de disponer un primer relleno a base de grava 20/40 (ver Fig. No. 3), que recubra totalmente la tubería hasta veinte o veinticinco centímetros por encima de la generatriz superior del tubo. En el caso de tratarse de una tubería de drenaje la grava debe estar lavada y se envolvería en un geotextil no tejido que se solapa veinte centímetros por encima de la grava. El resto de la zanja puede rellenarse con el material de la excavación.

Usualmente las zanjas para la tubería perfilada P.V.C. son del tipo estrechas, o sea  $a = D + 40$  cms., donde "a" es el ancho de la zanja y "D" es el diámetro nominal del tubo. (ver figura No. 1).

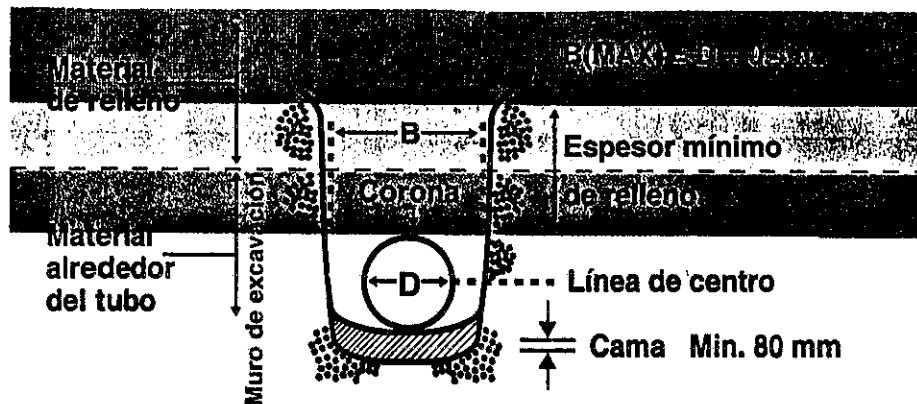


Fig. No. 1

Se requiere además un relleno mínimo de 30 cms. sobre la corona del tubo cuando no hay tráfico vehicular. Si se diera



el caso que hubiera tráfico, el espesor mínimo sera de 80 cms. Existe la posibilidad de reforzar con losas de concreto cuando las cargas son excesivas y los rellenos muy pequeños.

Se debe procurar que las zanjas estén debidamente drenadas a efecto de evitar el humedecimiento del material de relleno y los muros de excavación. No estará al alcance de este trabajo la instalación de tubería perfilada P.V.C. por debajo del nivel freático.

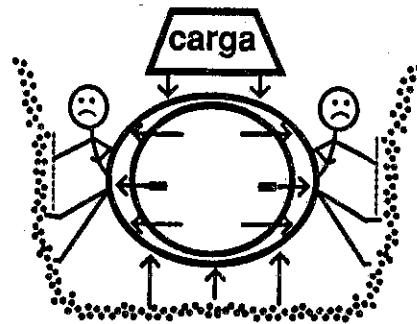
El material que rodea al tubo consiste en una cama de al menos 8 cms. hasta un espesor de 15 cms. por encima de la corona. Este recubrimiento debe ser hecho de materiales sin plasticidad, libres de materia orgánica como por ejemplo el selecto gris, polvo de piedra limpio, etc. Estos materiales deben ser sometidos a golpes con compactadores manuales, mientras que los agregados no requieren de esta energía. En cualquier caso, no se recomienda la sobre compactación del encamado.

El material que se coloca hasta llegar al nivel del terreno natural, puede ser el mismo material de excavación, pero debe de estar limpio de materia orgánica.

Al colocarse la tubería perfilada P.V.C., el relleno puede hacerse inmediatamente; se hace la observación que antes de colocar la tubería, la base de la zanja debe de estar nivelada y compactada.

Usualmente las tuberías se instalan en condiciones llamadas "de zanja". Aquí las cargas de los rellenos son conjuntamente soportadas por la fricción con las paredes de la zanja y por el tubo.

Las cargas sobre las tuberías flexibles son mucho menores que las ejercidas sobre tuberías rígidas. Es decir, que en el caso de la tubería perfilada P.V.C. la carga es soportada por el relleno, las paredes y, en menor grado por el tubo. (Ver Fig. No. 2)



La carga es soportada por el relleno, las paredes y, en menor grado, por el tubo.

Fig. No. 2

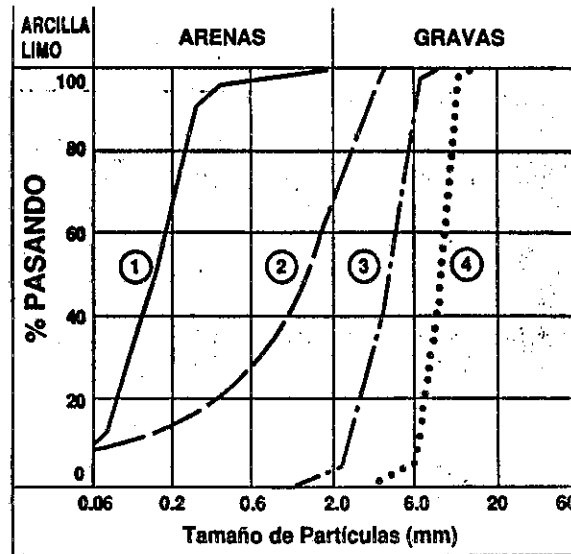


Fig. No. 3

Ejemplo de materiales apropiados para cubrir el vecindario del tubo.

- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| 1. arena lavada        | 3. Piedrín de 5mm  |
| 2. arena bien graduada | 4. Piedrín de 12mm |

### INSTRUCCIONES DE INSTALACION

1. El material alrededor del tubo, como se describió antes, debe de estar limpio y con la humedad adecuada.
2. Se forma la "cama" con un espesor mínimo de 80 cms. y luego se coloca más material, de este nivel hasta 1/4 del diámetro. Con el compactador manual se le da la forma debida. (Fig. A)
3. Colóquese la tubería en el centro de la zanja, comenzando aguas abajo. (Fig. B)
4. Si se usa material selecto, colóquense capas no mayores a 15 cm. y compáctense con el compactador manual (Fig. C). Si se usa arena de mar o de río, viertase ésta hasta la corona del tubo y desde aquí se compacta manualmente. Con el material selecto, llevese a una lectura del penetrómetro de 100 a 200 psi.
5. Continúese la colocación del material hasta unos 10 a 15 cms. sobre la corona del tubo, con compactación manual (Fig. D).
6. Colóquese una capa de 20 cm. del material de excavación limpio y compáctese con un vibrocompactador (Fig. E) a lo largo de la instalación y a los lados de la tubería. Esto permitirá una deformación positiva que será de un 3% máximo. Las lecturas del penetrómetro en materiales cohesivos deberán ser de 75 a 100 psi. La deformación máxima permisible al finalizar la instalación será de 5% del diámetro interno.

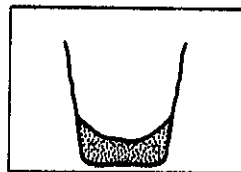


Fig. A



Fig. B

Fig. C

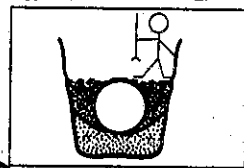


Fig. D

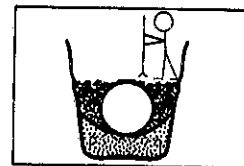
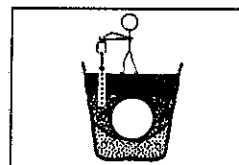


Fig. E



### 2.1.2 Unión de los tubos:

La unión de los sucesivos tubos que componen el trazado se realiza mediante un accesorio que se introduce en los dos tubos a unir. A continuación se acercan los dos tubos hasta quedar encaradas sus secciones.

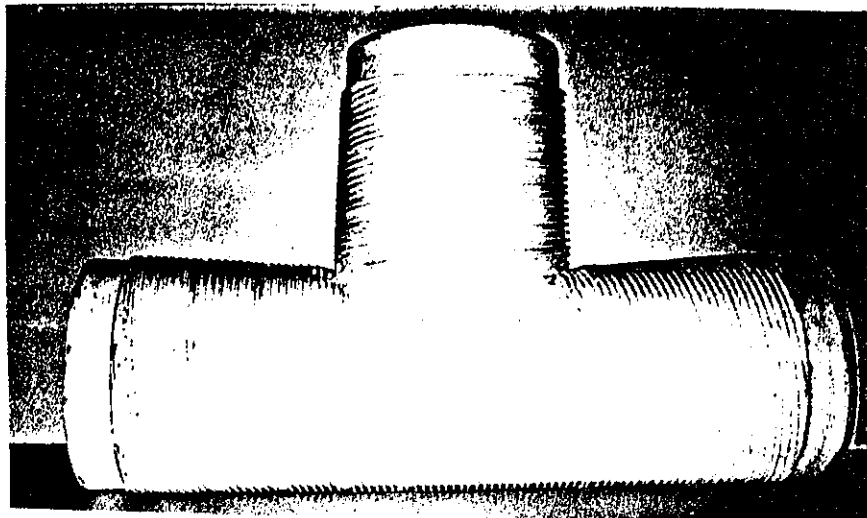
La superficie exterior del accesorio y las interiores de los tubos, que tienen un contacto continuo en todo su perímetro, llevan el correspondiente producto que garantiza su pegado consiguiéndose así la total estanqueidad de la unión.

En el caso de diámetro superiores a 600mm, en los que se puede acceder al interior del tubo, se realiza para mayor seguridad un sellado interior del accesorio. Para diámetros de 300, 400 y 600mm se dispone de una brida con junta de goma y sus correspondientes tornillos.

### *2.1.3 Piezas especiales:*

*La tubería perfilada P.V.C. permite solucionar, con grandes ventajas de tiempo y efectividad, todas las singularidades que normalmente puedan aparecer en cualquier trazado donde vaya a instalarse la tubería.*

*La incorporación de caudales, por acometidas de menor diámetro a la conducción principal, se resuelve por la correspondiente "T". (ver Fig. No. 4)*



*TEE*

*Fig. No. 4*

*La ejecución no consiste más que en abrir al agujero exacto en el tubo de mayor diámetro donde se vaya a producir el entronque, y pegar los dos tubos. Además de la sencillez de esta operación cabe señalar la ventaja que supone realizar la "T" donde incida la conducción de menor diámetro, sin necesidad de variar previamente el trazado de ésta para que vaya a entroncar al punto exacto que pudiera fijar la existencia de una pieza especial.*

En la realización de arquetas hay que destacar dos aspectos importantes. Por un lado dada la configuración de la cara exterior del tubo, con los rigidizadores en "T", la trabazón con el hormigón es excelente, consiguiéndose una perfecta conexión a las paredes de la arqueta.

Por otro lado como no existe ninguna dificultad en cortar el tubo perfilado P.V.C. puede admitirse cualquier variación en la posición final de la arqueta, pues solamente habría que cortar la parte del tubo que quede en el interior de ésta, para conseguir el acabado uniforme de la pared.

La ejecución de las curvas existentes en el trazado no se realiza, salvo para radios muy grandes, curvando longitudinalmente el tubo, sino a expensas de sus sucesivas uniones.

Cuando los radios son grandes puede conseguirse una cierta curvatura en la unión normal con el accesorio, para radios más pequeños se procede a un gajeado del tubo, para adaptarse a la curva mediante una poligonal.

Los sifones son fácilmente ejecutables con el tubo perfilado.

En los pasos inferiores de carreteras y caminos los pozos verticales de fábrica pueden sustituirse por tubos de gran diámetro, con el consiguiente ahorro de tiempo y dinero.

En el caso de trazados exteriores, para, por ejemplo, paso de vaguadas, la tubería, mediante la adecuada curvatura ya comentada, y que en este caso sería en un plano vertical, puede adaptarse perfectamente a la topografía del terreno.

#### 2.1.4 Rendimientos de instalación:

La instalación de la tubería perfilada P.V.C. dada la ligereza del tubo y la sencillez de las operaciones a realizar, alcanza altos rendimientos.

Para lograr estos rendimientos debe de realizarse una instalación en la que no interviene ningún elemento mecánico.

Por ejemplo, se detalla el rendimiento medio de instalación por día, utilizando cifras extremas:

Tubería de drenaje pluvial:

600 m/día/h (diámetros 230 y 300mm)

250 m/día/h (diámetros 1000mm)

(ver anexo No. 1)

(Rendimientos obtenidos en la ejecución de los Proyectos de Urbanización, Villas de Petapa y Santa Isabel II, Villa Nueva.)

#### CARGAS DURANTE LA OBRA:

Deben seguirse las instrucciones del gráfico (ver gráfico No. 1) para no sobrepasar las cargas debidas al equipo de construcción.

#### COMO USAR EL GRAFICO?

1. Determinar el diámetro del tubo y las condiciones de carga según diseño.
2. De acuerdo a las condiciones de diseño, seleccione la zona apropiada, de acuerdo a la carga máxima prevista durante la construcción.
3. Entrar al gráfico con el diámetro del tubo hasta intersectar la parte inferior de la zona.

La escala vertical indica el mínimo recubrimiento que debe tener la tubería encima de su corona.

Ejemplo:

En un proyecto de carretera de tráfico pesado se instalará tubería perfilada P.V.C. El tipo de tráfico pesado es según AASHO H-20 (o sea con una carga máxima vehicular de 7,200 kg por punto de apoyo).

Durante la construcción se usará equipo convencional para movimiento de tierras (ver Fig. No. 5)







Solución:

1. Las condiciones de instalación obligan a situarse en la zona 5 del gráfico (la más crítica).
2. Al ubicarse en el eje "x" del gráfico que pertenece a los diámetros, se busca el de 600mm, y luego se sube perpendicularmente o sea el eje "y" que pertenece a los espesores sobre la corona del tubo perfilada P.V.C. intersectando con la base de la zona 5 (línea continua), de donde, indica el gráfico que se debe tener un relleno mínimo de 1.20 mts.

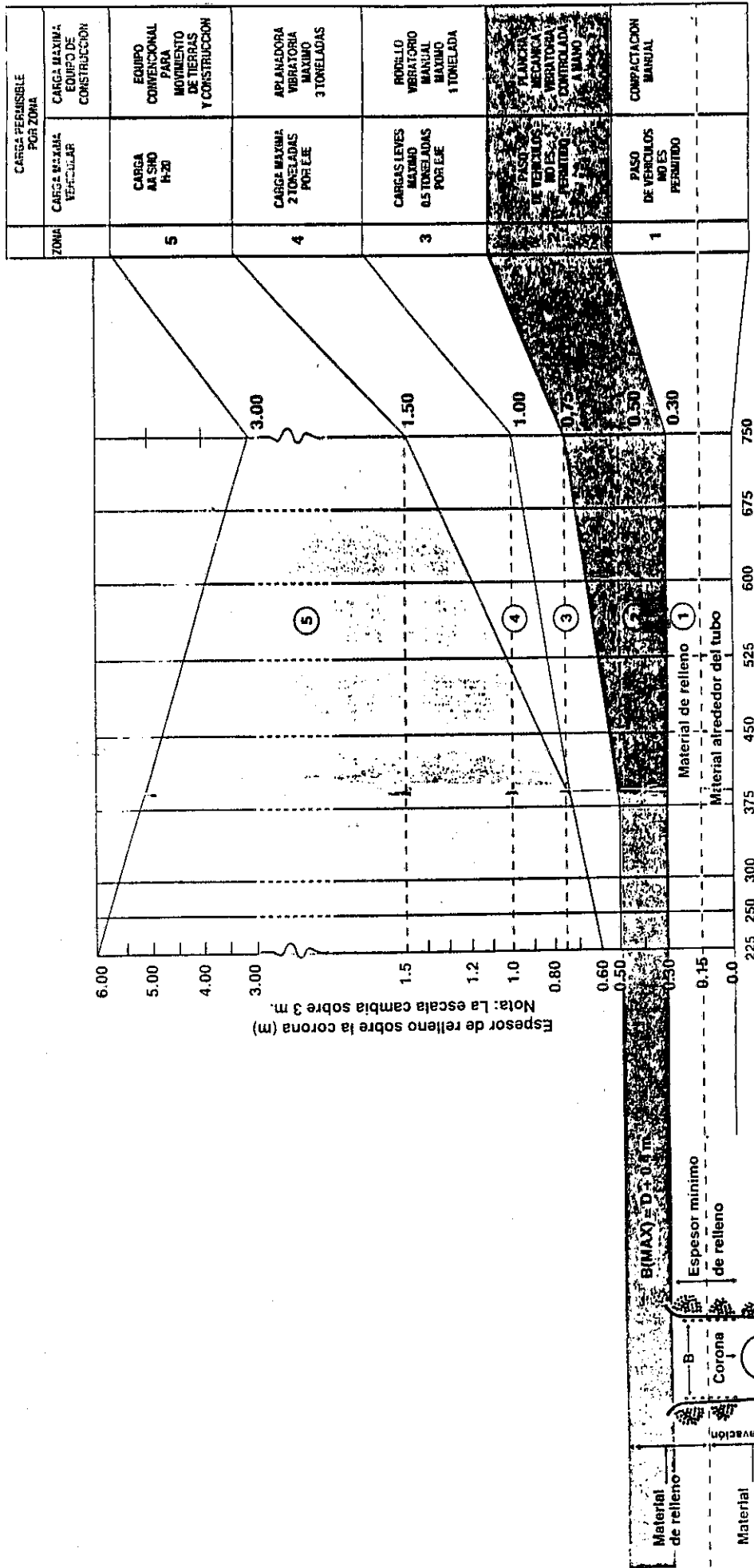
NOTA:

Las deformaciones sugeridas para la tubería perfilada P.V.C. son 3% del Diámetro Interno en Ovalamiento Positivo al momento de la instalación; 5% del Diámetro Interno en Ovalamiento Negativo al terminar la instalación y 7.5% del Diámetro Interno a Largo Plazo.



<p><b>Compactador Metálico Manual tubo de HG 1"</b></p>  <p>250 mm 25 50 10-15 kg</p>	<p><b>EJEMPLOS DE EQUIPO PARA CONSTRUCCION</b></p>  <p>Plancha vibratoria manual e.g. Ingersoll Rand VX6</p>  <p>Rodillo vibratorio manual e.g. Ingersoll Rand SX-17 (.85 toneladas).</p>  <p>Aplanadora vibratoria de 3 toneladas e.g. Vibrol 28W o Vibrol 32R.</p>  <p>Bulldozer convencional, Mototrailla, "Pata de cabro", etc.</p> 
--	---

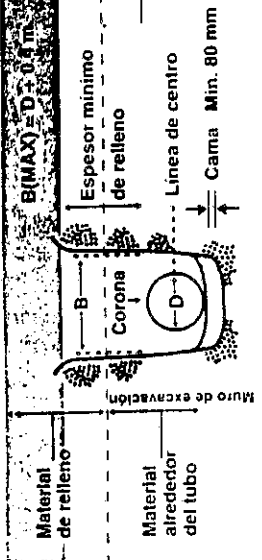
*Carga AASHO H-20 = 7200 Kg por punto de apoyo  
(Fig. No. 5)*



Nota: La escala cambia sobre la corona 3 m.

DIÁMETROS DE TUBOS - D (mm)

Gráfico No. 1



La tabla No. 1 indica cuáles son las profundidades máximas de relleno sobre la corona del tubo (en metros), como función del diámetro y el módulo de rigidez natural del muro de excavación.

El material alrededor del tubo es selecto gris, compactado al 90% de Proctor ( $E = 46 \text{ kg/cm}^2$ ), en condición de saturación (la más crítica)

El peso específico del suelo  $W = 1.700 \text{ kg/m}^3$

Ancho de zanja  $B = 2 * D$

$D = \text{Diámetro del tubo (m)}$

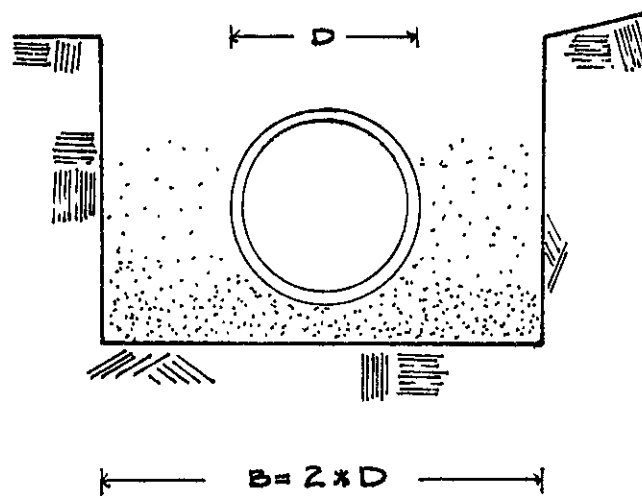


Fig. No. 6

Módulo de Rigidez kg/cm <sup>2</sup>	DIAMETROS NOMINALES (mm)														
	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
1	1.75						1.05	0.92	-	-	-	-	-	-	-
2	2.19	1.72	1.45	1.29	1.19	1.12	1.48	1.36	1.27	1.20	1.15	1.11	1.07	-	-
3	2.61	2.14	1.87	1.71	1.61	1.54	1.90	1.78	1.69	1.62	1.57	1.53	1.50	1.47	1.45
4	3.02	2.55	2.28	2.12	2.02	1.96	2.31	2.19	2.10	2.03	1.98	1.94	1.91	1.89	1.87
5	3.41	2.94	2.68	2.52	2.42	2.36	2.71	2.59	2.50	2.43	2.38	2.34	2.31	2.29	2.27
6	3.79	3.33	3.07	2.91	2.81	2.75	3.09	2.97	2.89	2.82	2.77	2.73	2.71	2.68	2.66
7	4.17	3.71	3.45	3.29	3.19	3.13	3.47	3.35	3.26	3.20	3.15	3.11	3.08	3.06	3.04
8	4.53	4.07	3.81	3.66	3.56	3.50	3.84	3.72	3.63	3.57	3.52	3.48	3.45	3.43	3.41
9	4.89	4.43	4.17	4.02	3.92	3.86	4.19	4.07	3.99	3.93	3.88	3.84	3.81	3.79	3.77
10	5.23	4.78	4.52	4.37	4.27	4.21	4.54	4.42	4.34	4.27	4.23	4.19	4.16	4.14	4.12
11	5.57	5.11	4.86	4.71	4.61	4.55	4.88	4.76	4.68	4.61	4.57	4.53	4.50	4.48	4.46
12	5.90	5.44	5.19	5.04	4.94	4.88	5.21	5.09	5.01	4.95	4.90	4.86	4.83	4.81	4.80
13	6.22	5.77	5.51	5.36	5.26	5.20	5.53	5.41	5.33	5.27	5.22	5.19	5.17	5.16	5.15
15	6.84	6.39	6.13	5.98	5.89	5.82	6.15	6.04	5.95	5.89	5.84	5.81	5.78	5.76	5.74
20	8.27	7.82	7.56	7.41	7.31	7.25	7.58	7.46	7.38	7.32	7.27	7.24	7.21	7.19	7.17
25	9.55	9.09	8.83	8.68	8.58	8.52	8.85	8.74	8.65	8.59	8.54	8.51	8.48	8.46	8.44
30	10.70	10.23	9.96	9.82	9.72	9.66	10.00	9.88	9.79	9.73	9.68	9.64	9.61	9.59	9.57

**NOTA:** No está al alcance de este trabajo, resultados para módulos mayores de 30 kg/cm<sup>2</sup>

Tabla No. 1

## 2.2 ALCANTARILLADO PLUVIAL:

Es el formado por un solo conducto, a través del cual corren únicamente las aguas pluviales. Para que exista alcantarillado pluvial, éste debe contener las siguientes partes:

2.2.1 Pozos de visita

2.2.2 Tragantes de (rejilla y acera)

2.2.3 Colector pluvial principal y secundarios

2.2.4 Rejillas longitudinales y transversales

2.2.5 Desfogue (disposición final)

*Descripción de las partes de un alcantarillado pluvial:*

**2.2.1 Pozos de visita:**

*Son estructuras construídas con el objeto de proporcionar acceso tanto a los ramales principales como a los colectores, con el propósito de inspeccionarlos y limpiarlos.*

**2.2.2 Tragantes:**

*Son las aberturas que en las superficies de las calles o en los bordillos, dan acceso a las aguas pluviales, a los tubos de drenaje. Los tragantes se colocarán en todos los puntos bajos o simas de las calles, así como en las intersecciones de éstas, de manera que la avenida no atraviese la bocacalle, y además cuando el volumen de la avenida lo requiera; más con todo no podrán estar separados entre sí por una distancia mayor de 100 mts.*

*En las calles de tráfico intenso no se podrán usar tragantes en que la entrada esté formada por depresión en el pavimento.*

*El tirante de la avenida no podrá ser mayor de 0.03 mts. de alto y su ancho no podrá ser mayor de 0.75 mts.*

**2.2.3 Colector pluvial principal y secundarios:**

*Son los conductos que transportan las aguas pluviales, están situadas al centro de las calles, y conducen el agua pluvial a su disposición final en las cañadas de desfogue.*

**2.2.4 Sifones invertidos:**

*Son tramos de drenaje que trabajan a presión con el objeto de pasar por abajo de una corriente de agua u otro obstáculo.*

**SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL:**

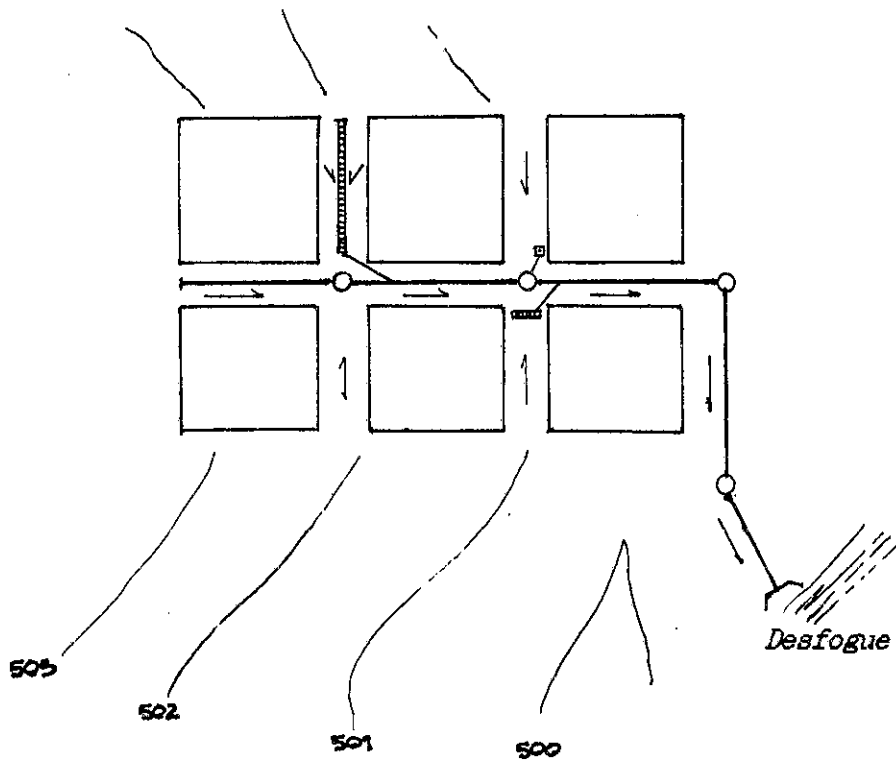











Fig. No. 7

**Simbología:**

	Sentido del flujo
	Rejilla transversal
	Rejilla longitudinal
	Tragante de acera
	Pozo de visita o registro
	Colector pluvial
	Colector secundario
	Río, quebrada, etc...
	Cabezal de desfogue

**Determinación de caudal:**

Determinar el caudal de diseño es uno de los elementos primarios esenciales en el desarrollo de proyectos de drenaje pluvial, donde a partir de él se podrán determinar las dimensiones apropiadas de obras para recolectar las aguas provenientes de fenómenos hidrometeorológicos; todos los métodos

disponibles para su obtención tienen poca precisión en sus resultados, no obstante este es solo uno de los parámetros a considerar, porque tiene que ser contemplado desde el punto de vista de su construcción, su funcionamiento hidráulico y de su mantenimiento.

El tiempo de concentración que se define como, el tiempo necesario para que una gota de lluvia llegue a una alcantarilla pluvial desde el punto más remoto de la cuenca, ( $T_c = T_{cs} + T_v$  que corresponde al tiempo de concentración superficial  $T_{cs}$  y tiempo de viaje  $T_v$ ). Se puede estimar por medio de gráficos o de velocidades medias a cada tramo de conducto; considerando la cobertura superficial del lugar.

**TIEMPO DE CONCENTRACION DE LAS PRECIPITACIONES  
PARA CUENCAS DE ZONAS AGRICOLAS TIPICAS,  
EN TERRENO ONDULADO**

TAMAÑO DE LA CUENCA (Hectáreas)	TIEMPO MINIMO DE CONCENTRACION (Minutos)	TAMAÑO DE LA CUENCA (Hectáreas)	TIEMPO MINIMO DE CONCENTRACION (Minutos)
0.405	1.4	40.5	17
1.22	3.0	81	23
2.03	3.5	121.5	29
4.05	4.0	162	35
8.10	4.8	243	47
12.15	8.0	324	60
20.25	12.0	405	75

Tabla No. 2

La tabla anterior, proporciona los valores de tiempos de concentración de las precipitaciones para cuencas de zonas agrícolas típicas en terrenos ondulados. Estos valores fueron obtenidos por C.F. Ramser, del U.S. Department of Agriculture, midiendo un gran número de escurrimientos en pequeñas secciones agrícolas durante más de 20 años; son aplicables a cuencas con 5% de pendiente, cuyo largo es 2 veces el promedio de su ancho.

El tiempo de concentración en áreas pavimentadas o zonas lisas, en donde ocurre el escurrimiento "despejado en láminas de agua", lo mismo que en zanjas y cunetas, es menos que en tierras cultivadas.

El coeficiente de escurrimiento depende de la cobertura vegetal y la pendiente del terreno. Cuando la cuenca de drenaje está compuesta de zonas con diferentes características, se puede utilizar un promedio ponderado.

El área recomendable para obtener resultados representativos de este método es de hasta 200 hectáreas, con una duración máxima de 30 minutos. Por lo general, el área se mide de los mapas cartográficos, anotando a la vez las características de las superficies que van a incidir en la determinación del coeficiente de escurrimiento y del tiempo de concentración.

#### COEFICIENTES DE ESCORRENTIA PARA DIVERSAS SUPERFICIES

SUPERFICIE	C
Techos	0.70 a 0.95
Pavimentos de concreto y asfalto	0.85 a 0.90
Pavimentos de piedra, ladrillo ó madera en buenas condiciones	0.75 a 0.85
Pavimentos de piedra, ladrillo ó madera en malas condiciones	0.40 a 0.70
Calles mecanizadas	0.25 a 0.60
Calles y banquetas de arena	0.15 a 0.30
Calles sin pavimento, lotes desocupados	0.10 a 0.30
Parques, canchas, jardines, prados, etc.	0.05 a 0.25
Bosques y tierra cultivada	0.01 a 0.20

NOTA: Datos tomados del curso de Ingeniería Sanitaria 2 de la Facultad de Ingeniería, USAC 1,985.



Intensidad de lluvia:

Se determinará de acuerdo con las fórmulas para la Ciudad de Guatemala en la forma siguiente:

Zona Atlántica, para tuberías menores de 1.50 mts. de diámetro.

$$I = \frac{4604.5}{t + 24.2}$$

Zona Atlántica, para tuberías mayores de 1.50 mts. de diámetro.

$$I = \frac{4203.7}{t + 23.2}$$

Zona Pacífica, para tuberías menores de 1.50 mts. de diámetro.

$$I = \frac{6889.1}{t + 39.5}$$

Zona Pacífica, para tuberías mayores de 1.50 mts. de diámetro.

$$I = \frac{5915.7}{t + 35.8}$$

En donde "t" es el tiempo de concentración en minutos, y será determinado de la forma siguiente:

- en tramos iniciales de acuerdo a las fórmulas anteriores.
- en tramos consecutivos de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$t_n = t_{n-1} + \frac{L}{60 V^{n-1}}$$

Donde: "t" es el tiempo de concentración en el tramo anterior en minutos.  
"L" es la longitud del tramo anterior en metros.  
"V" es la velocidad a sección llena en el tramo anterior en metros por segundo.

La determinación del caudal se efectuará por el método racional:

$$Q = \frac{C.I.A. \quad (m^3/seg)}{360}$$

Donde: "Q" es el caudal en metros cúbicos por segundo, (m<sup>3</sup>/seg)  
"C" es la relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída en el área.  
"I" es la intensidad de lluvia en milímetros por hora.  
"A" es el área a drenar en hectáreas.

El área a drenar se determinará sumando al área de la calle, el área de los lotes que son tributarios al ramal en estudio.

El diseño de secciones y pendientes para los ramales principales, se efectuará haciendo uso de las fórmulas siguientes:

ECUACION DE GASTO

FORMULA DE MANNING

$$Q = V.A. \quad V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Q = Cantidad de fluido (gasto o caudal), m<sup>3</sup>/seg  
A = Área de la sección transversal del chorro, m<sup>2</sup>  
V = Velocidad del fluido m/seg.

Donde: "R" es el radio hidráulico en metros.  
"S" es la pendiente en 0/00 por metro.  
"n" es el coeficiente de rugosidad, el cual variará según el caso.

Coficiente de rugosidad: (n de Manning)

En la estimación de un valor apropiado de "n" es necesario un conocimiento cualitativo de los factores de que depende, ya que en bastantes situaciones aplicadas, el valor de "n" es una función de muchas variables, como por ejemplo: superficie rugosa, vegetación, irregularidad de canales, sedimentación, erosión, etc.

VALORES PROMEDIO DEL FACTOR DE RUGOSIDAD DE MANNING

MATERIAL	FACTOR $n$
Tubería perfilada P.V.C.	0.009
Tubería perfilada P.V.C.	0.010
Concreto acabado	0.012
Concreto sin acabado	0.014
Hierro fundido	0.015
Ladrillo	0.016
Acero remachado	0.018
Metal corrugado	0.022
Cascajo	0.025
Tierra	0.025
Tierra con piedras ó hierbas	0.035
Grava	0.029

2.3 **ALCANTARILLADO SANITARIO:**

Es un sistema totalmente separado, el cual recolecta únicamente desperdicios líquidos y sólidos de aguas cloacales domésticas, comerciales e industriales.

Para que exista alcantarillado sanitario, éste debe contener las siguientes partes:

- 2.3.1 Pozos de visita
- 2.3.2 Colector sanitario (tubería)
- 2.3.3 Conexión domiciliar
- 2.3.4 Desfogue

*Descripción de las partes de un alcantarillado sanitario:*

**2.3.1 Pozos de visita:**

*Son estructuras construidas de mampostería reforzada o concreto reforzado, con el objeto de conectar los ramales principales con los ramales colectores, o éstos con colectores madres, los cuales tienen acceso desde la superficie y son incluidos en el diseño de una red en los siguientes casos:*

- a) cambio de diámetro*
- b) cambio de pendiente*
- c) cruce de dos o más tuberías*
- d) tramos iniciales*

*Se ha normado que debe de existir una distancia no mayor de 100 mts. entre pozos.*

**2.3.2 Colector sanitario:**

*Es el formado por un solo conducto, a través del cual corren las aguas cloacales domésticas, industriales y comerciales. Este conducto por lo general, es de forma circular, que es la más utilizada en nuestro país. Este conducto puede ser de un material óptimo para su evacuación, como lo es, la tubería perfilada P.V.C.*

*Entendiéndose como aguas residuales los desechos líquidos de residencias, escuelas, hospitales, edificios públicos, comerciales e industriales; las aguas cloacales industriales, son los desperdicios líquidos y sólidos que fueron utilizados en procesos industriales, siendo su calidad muy variable, dependiendo del tipo de industria contribuyente; las aguas residuales domésticas, son los desperdicios líquidos y sólidos transportados por agua, comprendido como desecho de casas de habitación, desechos de instituciones y desechos de*

restaurantes y edificios; y las aguas residuales comerciales, son todos los desperdicios líquidos y sólidos transportados por el agua de edificios comerciales del sector.

### 2.3.3 Conexiones domiciliarias:

Sistema que une las aguas provenientes de las viviendas con el sistema municipal o público. Está formada por la tubería secundaria y la caja de registro, éstas dos tienen que ser construidas en área municipal o pública.

### 2.3.4 Desfogue:

Consiste en descargar las aguas servidas ya tratadas a un curso de agua superficial, como por ejemplo: ríos, quebradas, etc.

### SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO:

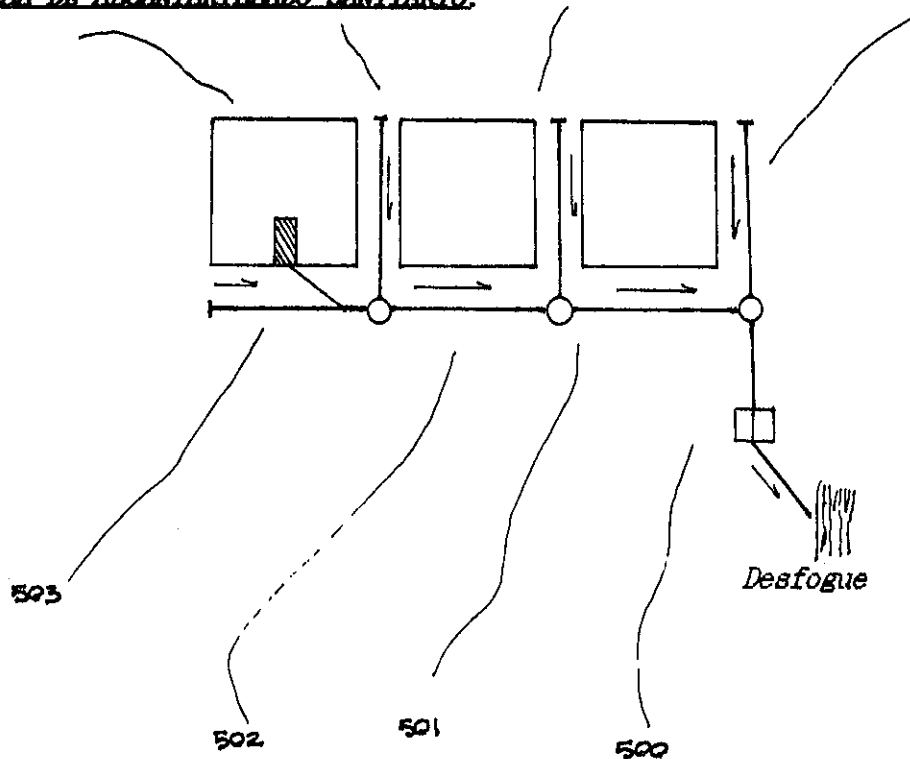








Fig. No. 8

Simbología: (Fig. No. 8)

	Planta de tratamiento
	Colector sanitario
	Sentido de flujo sanitario
	Pozo de visita o registro
	Vivienda, industria, etc...
	Conexión domiciliar

Período de diseño:

Al efectuar un proyecto sanitario, debe tomarse en cuenta el período de vida útil o período de diseño. Para un sistema sanitario se estima un tiempo de vida útil entre 30 y 40 años, contados a partir de la fecha de construcción.

Dependerá en gran medida de:

- a) tipo de material con el que se construirá el sistema
- b) población a servir

Para determinar la población futura (a servir), puede utilizarse uno de los métodos siguientes:

- a) Incremento aritmético
- b) Incremento geométrico
- c) Incremento de incremento
- d) Método gráfico

a) Incremento Aritmético:

$$P_n = P_o + (P_o + P_1) t/t_1$$

$P_n$  = Población buscada

$P_o$  = Población de último censo

$P_1$  = Población del penúltimo censo y el año correspondiente al período de diseño

$t$  = Tiempo entre el último censo y el año correspondiente al período de diseño

$t_1$  = Tiempo entre el último censo y el anterior

b) Incremento Geométrico:

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

$P_n$  = Población buscada

$P_o$  = Población último censo

$r$  = Tasa de incremento

$n$  = Diferencia de años (al período de diseño)

c) Incremento de Incremento:

$$P_n = P_o + U_1 + nU_2$$

$P_n$  = Población buscada

$P_o$  = Población de penúltimo censo

$U_1$  = Promedio de incremento a todos los períodos

$U_2$  = Promedio de los incrementos del incremento

$n$  = Número de períodos considerados, hasta el año que se desea calcular

d) Método Gráfico:

Consiste en comparar la tendencia que sigue la curva gráfica del crecimiento de una población, con otra de características similares y que tenga mayor información de censos.

AGUAS NEGRAS:

El diseño adecuado de los sistemas de abastecimiento de aguas y de evacuación de aguas de desechos, demandan, un buen conocimiento de los volúmenes y flujos implicados, así como su relación con la población y el tiempo, las fluctuaciones del flujo deben analizarse para su consumo o evacuación máxima, mínima y promedio respectivamente.

El consumo de agua es un factor muy importante, que determina la cantidad de aguas negras que se evacuará, el consumo es dependiente a otros factores y que afectan a la amplitud del alcantarillado, tales

como: clima, estándares de vida, servicios públicos, tipo de actividad, disponibilidad de agua, calidad y propiedades del agua, presiones del sistema, administración y medición del sistema.

Para determinar el caudal total deben integrarse los caudales de manera siguiente:

$$Q_{An} = Q_d + Q_{inf} + Q_{ci} + Q_c + Q_i$$

$Q_{An}$  = Caudal total de aguas negras

$Q_d$  = Caudal domestico

$Q_{inf}$  = Caudal de infiltración

$Q_{ci}$  = Caudal de conexiones ilícitas

$Q_c$  = Caudal comercial

$Q_i$  = Caudal industrial

#### Caudal Doméstico:

Se toma del 70% al 80% de la dotación de agua potable, cuyo volumen diario está de acuerdo a las necesidades y condiciones sociales del lugar.

#### Caudal por Infiltración:

Son las aguas subterráneas que se infiltran en la tubería, también pueden ser las aguas de lluvia que se introducen en las tapaderas de los pozos de visita, o bien las fugas existentes en las uniones o tuberías del sistema de distribución de agua potable.



La infiltración en el sistema de alcantarillado depende de:

1. Altura de nivel freático
2. Precipitación pluvial
3. Revestimiento de calle
4. Destreza o calidad en la construcción de pozos
5. Tipo de material del alcantarillado

Los valores bajos, se toman en cuenta cuando la tubería es tendida sobre el nivel freático, los valores altos, se consideran para tuberías colocadas bajo el nivel freático, salvo si se sustituye la tubería por un material impermeable.

**Caudal por Conexiones Ilícitas:**

Es el que proviene de conectar un sistema pluvial al sistema sanitario, el cual se asume del 0.5 al 2.5% del caudal del tormenta, establecido en la zona de estudio y se determina por la fórmula racional:

$$Q_{ci} = (0.5 \text{ a } 2.5\%) \text{ de } Q_{tormenta}$$

Donde:  $Q_{tormenta} = (CIA/360)m^3/seg/hectárea$

$C$  = Coeficiente de escorrentia

$I$  = Intensidad de la lluvia (en la zona de estudio)

$A$  = Area (hectárea)

Transformación del  $Q_{tormenta}$  para obtener el caudal de conexiones ilícitas:

$A$  = Area de lote

$C$  = Sumatoria  $CIA./AT$

$C_e$  = Coeficiente de escorrentia del material

$A_e$  = Area del material

$A_t$  = Area total del lote

$Q_{ci} = [CIA/360*(0.5 \text{ ó } 2.5\%)]*1000/6$

$Q_{ci} = Lts/seg*hab$

Caudal Comercial:

Agua de desechos comerciales, varía según el establecimiento, se toma el siguiente parámetro:

600 ----- 300 Lts/comercial/día  
1 comercial/100 viviendas

2.4 ENTUBAMIENTO DE CAUCES NATURALES:

La tubería perfilada P.V.C. puede ser utilizada para encausar aguas que permitan habilitar áreas áridas, o sea, donde existe sequía.

En nuestro país, el sector privado a hecho uso de la tubería perfilada P.V.C. para el área agrícola, agrindustria e industria, por ejemplo: encauce del agua proveniente del Río Motagua hacia las plantaciones de banano de la costa Nor-Oriental.

También se puede aplicar para cambiar el cauce natural de una quebrada, río, etc.

2.5 DRENAJE LONGITUDINAL EN CARRETERAS:

El drenaje es uno de los factores más importantes en el diseño de carreteras, de donde, el agua superficial debe de alejarse de una carretera tan pronto sea posible, y también el alejamiento y regulación del agua subterránea.

El agua superficial de una carretera crea peligros para el tránsito; causa la erosión y grandes gastos de conservación, y se infiltra en la subrasante dejando el pavimento y sus banquetas sin sostén, de donde la solución recomendable consiste en instalar un dren interceptante, ya sea en la banqueta o en la línea de cuneta para desviar el agua libre antes de que penetre en la zona de camino, para este caso se utilizará la tubería perfilada P.V.C., que captará y conducirá estas aguas a su disposición final (río, bahía, etc.)

### 2.5.1 Obras complementarias de drenaje:

Son estructuras que cumplen con el objetivo de garantizar el libre tránsito de vehículos, las cuales contribuyen a encauzar y eliminar las aguas superficiales para brindarle al sistema de drenaje vial una mayor eficiencia.

a) **Bombeo:**

Se denomina bombeo a la pendiente transversal que se da en las carreteras para permitir que el agua que directamente cae sobre ellas escurra hacia sus dos hombros. Esta pendiente es del 3% desde el eje central hasta el hombro correspondiente.

b) **Lavaderos:**

Los lavaderos son canales que se conectan con los bordillos cuando estos existen y bajan transversalmente por los taludes, con la misión de conducir el agua de lluvia que escurre por los acotamientos hasta lugares alejados de los terraplenes, en donde ya sea inofensiva.

c) **Bajadas:**

Se denomina así a estructuras de función análoga a los lavaderos, pero constituidas por un tubo apoyado en la superficie inclinada del terreno o enterrando en él. En rigor, la distinción respecto a los lavaderos es un tanto de simple nomenclatura y muchos ingenieros consideran a las bajadas como lavaderos entubados.

d) **Bermas:**

También conocidas como escalonamientos que pueden cumplir con funciones de drenaje superficial, de control de aguas arriba del talud de corte, de conducción y eliminación de aguas a través de ellas.

Las bermas construidas en los terraplenes con fines de drenaje suelen tener una relación peralte/huella en el orden de 1:1 a 1:1.5 y son de dimensiones pequeñas. El efecto de la berma es disminuir la fuerza erosiva del

agua que escurre superficialmente por los taludes de un terraplen o un corte o por el terreno natural.

e) **Vegetación:**

Una de las más efectivas protecciones de los taludes de un corte o un terraplen o del terreno natural contra la acción erosiva del agua superficial es la plantación de especies vegetales; estas retardan al escurrimiento, disminuyendo mucho la energía del agua y contribuyen a fomentar una condición de equilibrio en los suelos en cuanto a contenido de agua.

f) **Cunetas:**

Las cunetas son canales que se adosan a los lados de la corona de la vía terrestre, en el lado del corte en secciones de tal naturaleza; en cortes en balcón hay entonces cuneta en un solo lado y en cortes de trinchera, en los dos. La cuneta se dispone en el extremo del acotamiento, en contacto inmediato con el corte. Su situación le permite recibir los escurrimientos de origen pluvial propios del talud y los del área comprendida entre el coronamiento del corte y la contracuneta, si la hubiere o del terreno natural aguas arriba del corte, si no hay contracuneta.

La capacidad hidráulica de la cuneta como canal define principalmente la posibilidad de cumplir su función de canalizar y eliminar con rapidéz el agua que colecte.

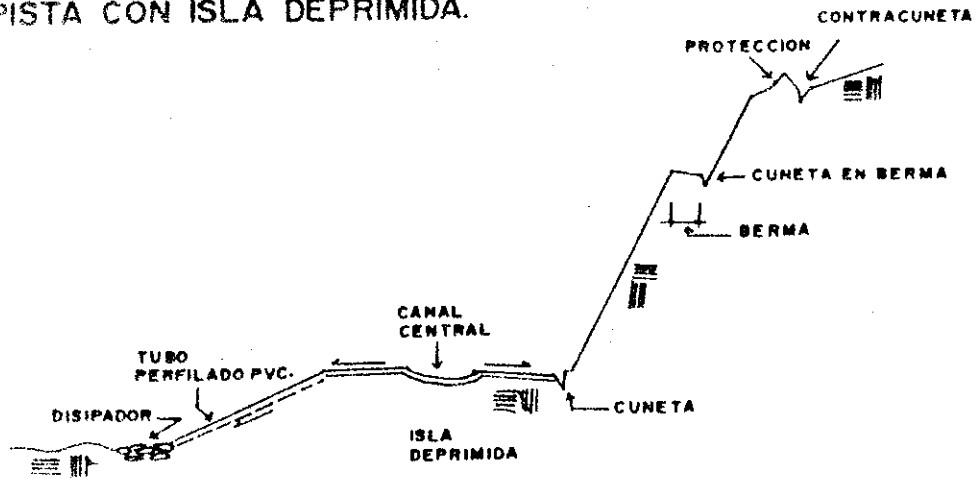
Desde el punto de vista de la construcción la sección triangular es la más sencilla.

g) **Contracuneta:**

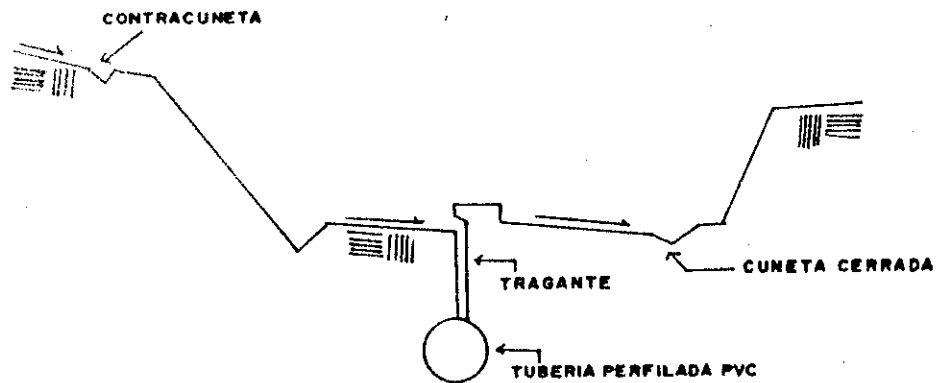
Se denominan contracunetas a los canales, excavados en el terreno natural o formados con pequeños bordos, que se localizan aguas arriba de los taludes de los cortes, cerca de éstos, con la finalidad de interceptar el agua superficial que escurre ladera abajo desde mayores alturas, para evitar la erosión del talud y el congestionamiento de las cunetas.

# 1) CASOS TÍPICOS DE DRENAJE LONGITUDINAL.

## 1.1) AUTOPISTA CON ISLA DEPRIMIDA.



## 1.2) VIA EN CURVA CON ISLA CENTRAL



## 1.3) VIA EN CORTE CON ISLA CENTRAL

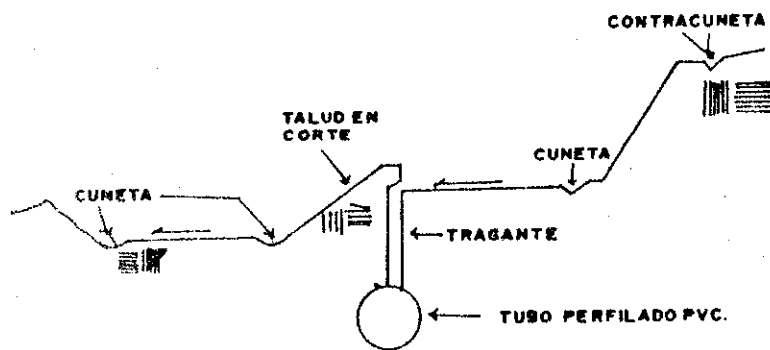


Fig. No. 9

## 2.6 OTRAS APLICACIONES:

Además de todas las aplicaciones comentadas, la tubería perfilada P.V.C. se utiliza aprovechando sus características de ligereza, manejabilidad y lisura de su cara interior, en otros campos distintos al de la conducción y drenaje de agua, como son los siguientes:

- A. Sistema de conducción para plantas de tratamiento de aguas negras.
- B. Sistema de conducción de diámetros grandes. Tubos escalonados.
- C. Largas extensiones de tubería para ventilación en túneles.
- D. Sistema de conducción para fábricas de productos químicos y farmacéuticos.
- E. Sistema de conducción para fábricas de semiconductores.
- F. Sistema de conducción para plantas de pintura o cualquier tipo de ácido.
- G. Encofrado de pilares que requieran un perfecto acabado.
- H. Fabricación de pilotes hechos in situ.
- I. Distribución de agua en sistemas de riego.
- J. Conducciones de alimentación de minicentrales hidroeléctricas.
- K. Tanques para almacenamiento de agua.
- L. Drenajes agrícolas, tanto la red enterrada como los pozos drenantes y de control.
- M. Drenaje en carreteras, drenajes subterráneos en la línea central y bordes.

### EJEMPLOS DE OTRAS APLICACIONES UTILIZANDO

#### TUBERÍA PERFILADA P.V.C.

##### a. *Sistema de conducción para aire acondicionado de un sótano:*

En el sótano de un edificio de tres niveles para oficinas, tenía que instalarse un sistema de aire acondicionado para extraer el humo de vehículos. El trabajo consistía en aproximadamente 60 metros de tubería de 500mm a 1050mm en diámetro. Un número determinado de reductores fueron también fabricados.

De donde se concluye, que la naturaleza no corrosiva del sistema de tubería perfilada P.V.C. probó ser un material para esta aplicación de extracción de humo. Los factores adicionales de su bajo peso (para fácil instalación), y fácil de fabricar permitió que el contrato se complementara rápida y económicamente.

b. **Sistema de conducción para extracción de polvo:**

Para extraer polvo de permapine y astillas de madera de las máquinas corta madera, se utilizó el sistema de tubería perfilada P.V.C. que reemplazo a las tuberías de acero, porque éstas tenían áreas muertas debido a las cajas reductoras. El sistema de tubería perfilada P.V.C. fue graduado sobre todo lo largo, para eliminar estas áreas. Válvulas de compuerta se colocaron en cada entrada, después de la manguera flexible, para maximizar la succión cuando algunas máquinas no estuvieran en uso. El sistema entero fue ensamblado e instalado en 4 horas. Largo total: 9.5 mts. con entradas de 2.0 de largo.

El sistema de tubería perfilada P.V.C. fue el único producto disponible que económicamente resolvía los problemas que envolvía este proyecto. Por ser P.V.C. la tubería no se deterioraría debido a la naturaleza corrosiva del maderaje tratado, el ruido proveniente de las astillas en movimiento fué también reducido. La naturaleza de poco peso del sistema de tubería perfilada P.V.C. fué también beneficioso ya que permitió el uso de soportes de poco peso y fácil instalación.

c. **Utilización de la tubería perfilada P.V.C. de diámetros grandes para suministro y regreso de aire a telares tejedores:**

La industria de tejidos "Actil", fabrica telas de algodón en la Ciudad de Woodville, Adelaide, en Sur Australia.

Durante el proceso de tejer, las fibras finas son sometidas a bastantes dobleses y tensión. Para evitar que las fibras se desquebrajen, el aire en los cuartos de tejer se mantiene muy húmedo (90% de humedad). Un producto paralelo al proceso de tejer es la

*gran cantidad de tamo y pelusa. Este es extraído a través de grandes aspiradores en el techo.*

*En Australia se fabricó la tubería subterránea para este sistema. Los tubos suministradores de aire fueron primordialmente de 700mm con muchos tubos elevadores de 150mm. Estos tubos corren dentro de un tubo largo que conecta a través de dobleses estilo espalda de langosta, también fabricados en Australia.*

*Este trabajo de tubería fue enterrado en cedazos de 5-10mm con cubiertas de al menos 600mm. Una base compacta fue entonces colocada previamente a la gruesa plancha de 150mm que fue derramada. Los tubos sobresalientes de 150mm fueron recortados al nivel del piso y las orillas lijadas para reducir las posibilidades de que se formara mota.*

*La tubería perfilada P.V.C. fue ideal para esta aplicación por muchas razones. Algunas de ellas son:*

- 1. Fabricadas de P.V.C., por lo que no se corroerá cuando se entierren y no es afectado por el intenso aire húmedo que pasa a través de ellos.*
- 2. Poco peso por lo que puede ser fácilmente colocado en el techo y se dobla con la mano sin la necesidad de el uso de equipo pesado.*
- 3. Paredes suaves, por lo que un menor coeficiente de rugosidad permite que se le designen tuberías de diámetros más pequeños.*
- 4. Unión solvente soldada. Esto asegura una permanente pero flexible unión, que permite una dilatación y contracción por movimientos del suelo.*
- 5. Fácil de fabricar. La tubería perfilada P.V.C. puede cortarse, unirse y soldarse sin la necesidad de maquinaria complicada y puede trasladarse tanto en la fábrica como en el sitio de colocación.*



d. **Sistema de tubería perfilada P.V.C. de gran diámetro para suministrar aire a un área de trabajo:**

*Broken Hill Associated Smelters en Pt. Pirie, Australia, ha tomado un programa mejorado como parte de su operación de extracción de metales. Una de las áreas que forma parte de este proceso, requería de el suministro de aire frío evaporatorio que proviniera del techo, a las áreas de trabajo que estan inmediatamente debajo.*

*Por ser un ambiente altamente corrosivo, el sistema de conductos tenía que ser fabricado con materiales resistentes a la corrosión y al mismo tiempo que efectivamente condujera la cantidad apropiada de aire.*

*En Australia se fabricó la tubería perfilada P.V.C., para el sistema, el cual incluyó 2 tubos principales idénticos de 900mm de diámetro y 7.5 mts. de largo. De cada uno de estos tubos verticales, los tubos de distribución de 400mm de diámetro por 7.5 mts. de largo, ramales largos formaron una configuración en forma de "T" invertida. Los ramales más pequeños cada uno incluía 2 bancos de 5 (600 x 500mm) reguladores rectangulares para la efectiva distribución del aire enfriado. La tubería estaba suspendida del área del techo, vía cable galvanizado y fornido.*

e. **Sistema de tubería perfilada P.V.C. para circulación de aire en túnel:**

*Kangaroo Creek Dam es una de las mayores fuentes de agua en Adelaide, Australia, construida y mantenida por el Departamento de Ingeniería y Suministro de Agua del Sur Australia. Construida hace mas de 20 años, la pared de la presa, almacena la línea principal de suministro, que está colocada 12 metros debajo de la superficie, es un túnel especialmente construido y sembrado en la roca matriz. Unos 200 metros de largo, el túnel actúa como un acceso de mantenimiento a la tubería. El agua ingresa a través de grietas y rajaduras naturales en la pared del túnel lo que significa que bajo la tierra*

*está usualmente húmedo, creando un consistente ambiente corrosivo para la tubería.*

*El sistema original galvanizado fue usado para circular el aire húmedo fuera del túnel, vía el callejón de acceso, al mismo tiempo que lo reemplaza con aire fresco proveniente de la superficie para minimizar la corrosión ocurrente. Sin embargo, las condiciones húmedas también han causado excesiva corrosión a la tubería causando que sea inefectiva en su operación.*

*La tubería perfilada P.V.C. estaba destinada ha ser la solución ideal, primordialmente por ser de P.V.C. significaba no corrosión.*

*Aproximadamente 120 metros de 700mm de diámetro y 60 metros de 400mm de diámetro de tubería lateral fue instalada por un equipo de especialistas E & WS. Accesorios fabricados a la medida incluyendo conexiones de pagado, transiciones, reductores y apagadores los cuales también fueron específicos para proveer una solución efectiva al costo.*

*Rejillas de ventilación, permiten que el aire sea exactamente dirigido a los finales del túnel, para maximizar el efecto de circulación.*

*El sistema de tubería perfilada P.V.C., fue ideal para esta aplicación por muchas razones, entre ellas están:*

- 1. El sistema de tubería perfilada P.V.C., es resistente a ambientes químicos agresivos, por consecuencia, su servicio de por vida es mucho mejor que los materiales convencionales.*
- 2. Las pérdidas de presión, son mínimas, debido a la suave superficie interior de la tubería perfilada P.V.C., por consecuencia los diámetros diseñados pueden ser reducidos.*
- 3. Por su gran resistencia en relación al peso, el sistema es relativamente ligero y es por lo tanto fácil de manejar.*

## C A P I T U L O 3

### CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA PERFILADA P.V.C.

#### 3.1 CARACTERISTICAS DEL TUBO:

En este punto se resaltará cada tipo o grupo de características, que son más importantes y que sirven para definir y determinar las aplicaciones del tubo, su idoneidad, ventajas de utilización, condiciones de instalación y puesta en obra para conseguir así resultados óptimos.

#### 3.2 CARACTERISTICAS FISICAS:

La resistencia a la abrasión de la tubería perfilada P.V.C., debido a la fortaleza de los entes químicos de la molécula del P.V.C. es el doble, por ejemplo, que la resistencia a la abrasión del hormigón. Esto significa unos costos de mantenimiento, en el caso de redes de alcantarillado, muy inferiores a los exigidos por el hormigón o fibrocemento. Conviene en este punto aclarar, ya que se han mencionado las redes de alcantarillado, que el tubo no llega a sufrir en ningún momento la acción de los roedores. La pureza de la tubería perfilada P.V.C. determina una resistencia en la pared del tubo, que, según las pruebas específicamente realizadas y la experiencia de las obras ejecutadas, demuestra como en ningún caso los roedores no han podido, ni tan siquiera, iniciar su tarea destructiva.

Pero la característica física mas importante y de la que se pueden sacar mayores beneficios y aplicaciones es la ligereza del tubo. Para cada diámetro la longitud del tubo es tal que el peso oscila sobre los 75 kg., lo cual permite prescindir totalmente de medios mecánicos de elevación y transporte para su colocación, pudiendo ser manejado, en todos estos movimientos, por dos personas.

### CARACTERISTICAS FISICAS

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>VALOR</b>
Peso específico	1.41 gr/cm <sup>3</sup>
Módulo de elasticidad	30,000 kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente de dilatacion lineal	8 x 10 C <sup>-1</sup>
Resistencia a la tracción	500-560 kg/cm <sup>2</sup>
Alargamiento a la rotura	100-160 x 100
Resistencia a la flexión	800 kg/cm <sup>2</sup>
Punto de reblandecimiento ACAT	83 °C
Tensión de trabajo	100 kg/cm <sup>2</sup>
Absorción de agua	1 mg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al choque CHARPY (con probeta entallada)	6.7 kg cm/cm <sup>2</sup>
Resistencia de aislamiento a 20 °C	10 ohm.cm
Rigidez dieléctrica sobre placa de 2mm	25 KV/mm
Coefficiente de conductibilidad térmica a 20 °C	3.65.10 Cal.seg.cm. °C
Dureza Shore D	80.90

### 3.3 CARACTERISTICAS QUIMICAS:

Puede afirmarse que se trata de un producto químicamente inalterable, en el más extenso sentido de la palabra, y de una gran durabilidad.

La tubería perfilada P.V.C., es inmune a todos los tipos de corrosión experimentados en sistemas de tuberías enterradas, donde por naturaleza se producen corrosiones químicas o electroquímicas. Tampoco sufre daño alguno conocido por ataques de suelos normales o corrosivos; en consecuencia no se precisan protecciones catódicas o cualquier otro tipo de revestimiento.

El alto grado de resistencia a los productos químicos, que tiene la

tubería, la adecúa de forma especial para la conducción de aguas fecales e industriales, no viéndose afectadas por las concentraciones existentes, de ácido sulfúrico, en esas aguas. Además, la generación de sulfídrico no produce ningún problema de corrosión en la tubería. Volviendo a recabar las características químicas del tubo, se encuentra un sistema de conducción que posee un alto grado de resistencia a los productos químicos y a las aguas fecales o industriales, proporcionales en la vida útil del sistema y en su coste de mantenimiento.

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA TUBERÍA PERFILADA P.V.C.**

PRODUCTO	CONCENTRACION	20 °C	60 °C
Aceite de linaza		++	++
Aceites minerales (sin aromáticos)		++	++
Aceites minerales (vehículos)		++	++
Acetato de butilo	100	-	-
Acetato de etilo	100	-	-
Alcohol isopropílico	100	++	0
Aguarrás		++	0
Alcohol metílico	100	++	+
Asfalto		++	++
Bicarbonato sódico		++	++
Carbonato sódico		++	++
Cloroformo	100	-	-
Cloruro de etilo	100	-	-
Ciclohexano	100	++	+
Detergente líquido		++	0
Eter dietílico	100	-	-
2 Etil-hexánol	100	++	
Gasoil		++	++
Heptano	100	++	++
Hexáno	100	++	++
Hidróxido sódico		++	0
Hiposulfito sódico		++	++
Ioduro potásico		++	++
Perborato sódico		++	++
Sulfático sódico		++	++
Sulfito sódico		++	++
Tetracloroetano	100	-	-
Tetracloroetileno	100	-	-
Tiosulfato sódico		++	++

**NOTA:** ++: resistente,      +: bastante resistente,  
 -: no resistente,      0: no hay ensayos

#### Propiedades Químicas del tubo P.V.C.:

La tubería P.V.C. es altamente resistente a ácidos y bases diluidas o concentrados, aceites vegetales y minerales, alcoholes e hidrocarburos, alifáticos. Sin embargo, atacado por hidrocarburos aromáticos o clorados, ésteres y cetonas.

Se dice que una tubería tiene una resistencia excelente a un determinado reactivo químico, si el cambio sufrido por ésta no es mayor al cambio encontrado al final de 2,500 horas de inmersión continua en agua a 40 °C. es de notar que el P.V.C. es únicamente inerte al agua y la absorción es únicamente un 0.15% de su peso después de inmersión de 48 hrs.. Si el cambio producido por un agente agresivo corresponde al ocasionado por inmersión prolongada en agua a 60 °C se dice que el producto tiene una resistencia buena o regular.

#### 3.4 CARACTERISTICAS HIDRAULICAS:

Por su bajo coeficiente de rugosidad la tubería perfilada P.V.C. necesita, a igualdad de caudal desaguado, un 12% menos de diámetro que una tubería de hormigón. Si a esto se une la posibilidad real de fabricar el tubo a la medida exacta en milímetros que se haya determinado en el cálculo, se obtiene un ahorro efectivo en la excavación de la zanja, pues con otros materiales se necesitaría mayor diámetro y además tomar el inmediato superior que se fabrique. En la fórmula de Manning, el coeficiente de rugosidad aplicable para la tubería perfilada P.V.C. es de 110.

**CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE TUBERIAS DE CONCRETO Y  
TUBERIAS PERFILADAS P.V.C.**

TUBERIA DE CONCRETO					TUBERIA PERFILADA P.V.C.			
φ (")	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)	VELOC (m/s)	PEND (%)	FUERZA (KN)	φ (mm)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)	VELOC (m/s)	FUERZA (KN)
12	0.249	3.5	7	0.87	300	0.249	5.16	1.28
15	0.418	3.16	6	1.57	350	0.418	5.46	2.28
18	0.620	3.87	5	2.40	400	0.620	5.48	3.40
24	1.014	3.63	8	3.75	550	1.014	5.25	5.43
30	1.712	3.85	2.5	6.59	650	1.712	5.30	9.07
36	2.49	3.09	2	9.69	800	2.49	5.51	13.72
42	3.756	4.31	2	16.19	950	3.756	6.18	23.21
48	5.363	4.715	2	25.29	1050	5.363	6.51	34.91
60	9.723	5.47	2	53.18	1300	9.723	7.52	73.12
72	13.693	5.35	1.5	73.26	1500	13.693	7.95	108.86

Tabla No. 4

Sólo en caso de utilizar Tubería Perfilada P.V.C. de 1500mm al 1.5% de pendiente se sobrepasa la fuerza máxima (73.26 KN) que se habría de producir al usar tuberías convencionales de concreto.

### 3.5 CARACTERÍSTICAS RESISTENTES:

La tubería perfilada P.V.C. presenta un funcionamiento resistente, bajo la acción de las cargas exteriores, de acuerdo con las normas aplicables ASTM.

En la tabla No. 1 se presentan los resultados obtenidos de ensayos realizados, en el Centro de estudios y experimentación de Obras Públicas, Madrid, España, para determinar la rigidez anular del tubo.

Obtención de la rigidez anular:

La rigidez anular se obtiene a partir de la expresión:

$$S_r = \frac{F}{\delta_{div} * L} * \epsilon$$

en la que:

$F$  = carga en KN  
 $\delta_{div}$  = variación de "i" en mts.  
 $L$  = longitud del tubo en mts.  
 $\epsilon$  = coeficiente de deformación

La tabla No. 5 recoge como compendio y resumen de todos los valores, las rigideces teóricas a las 24 hrs., y las rigideces instantáneas (10 minutos de aplicación de la carga).

La relación entre las rigideces teóricas y experimentales es lineal, obteniéndose las rectas de regresión siguientes:

$$SR_{24 \text{ hrs.}} = 0.692 * SR_{\text{teórica}} + 0.220 : R^2 = 0.877$$

$$SR_{10 \text{ min.}} = 0.808 * SR_{\text{teórica}} + 0.254 : R^2 = 0.904$$



**RIGIDECKS TEORICAS Y EXPERIMENTALES**

ENSAYOS DE RIGIDEZ ANULAR DE TUBOS				
DIAM. (mm)	SERIE	SR teo	SR exp 24 Hrs	SR exp 10 min
300	9070	8,487	4,238	5,216
300	11070	11,271	7,770	9,159
400	11070	4,644	3,616	4,122
400	11100	11,529	9,335	10,571
500	11100	5,786	4,907	5,498
500	11100	7,341	5,789	6,758
600	10130(Z)	7,854	5,355	6,448
600	11140	8,719	6,311	7,506
700	11140	5,423	3,801	4,364
800	11140	3,600	2,546	2,931
800	11150	5,103	4,801	5,397
1000	12170	4,725	2,974	3,582
1000	15180	4,707	3,453	4,116
1200	19200	3,866	2,367	2,824
1200	23230	5,956	3,732	4,229
1400	23230	3,714	2,831	3,339
1500	23230	3,007	2,438	2,872

SR en KN/m<sup>2</sup>

Tabla No. 5

SR Teo = Rigidez anular teórica  
SR Exp = Rigidez anular experimental

Estos ensayos demuestran el cumplimiento de la normativa citada anteriormente y determinan las condiciones en que debe ser instalado el tubo para obtener los valores calculados.

Existen también resultados de otros ensayos realizados como por ej.: deformación del diámetro vertical del mismo, envejecimiento, rugosidad, reventamiento de juntas y uniformidad del espesor de las paredes, pero no está al alcance del presente trabajo.

### 3.6 CARACTERISTICAS DEBIDAS AL SISTEMA DE FABRICACION:

El sistema de fabricación de la tubería perfilada P.V.C. lleva consigo una serie de características propias que diferencian sustancialmente a esta tubería del resto de las de P.V.C. y que además ofrecen unas importantes ventajas de utilización.

Entre éstas se pueden describir las siguientes:

- 3.6.1 La fabricación del tubo a pie de obra.
- 3.6.2 El tubo se puede fabricar de la longitud que se desee.
- 3.6.3 El tubo se puede fabricar del diámetro en milímetros estrictamente necesario. Los diámetros mínimo y máximo son: 230mm y 2000mm, pudiéndose fabricar todos los diámetros intermedios milímetro a milímetro.
- 3.6.4 La estanqueidad del tubo es total debido a los dos cierres existentes. De una parte el cierre mecánico consistente en un sólido y hermético machihembrado, y por otra el cierre químico consistente en una soldadura, mediante polimerizador, del cierre mecánico.
- 3.6.5 La banda de P.V.C. puede perforarse a la salida de la máquina extrusora, antes de conformarse helicoidalmente, obteniéndose así un tubo de drenaje.

El área de perforaciones que se consigue, uniformemente repartidas en todo su contorno, así como también la posibilidad de tener las ventajas antes mencionadas para los tubos, en cuanto a poder fabricar el diámetro exacto y la longitud de tubo que se desee, hacen que esta modalidad de la tubería perfilada P.V.C. resulte idónea para ser utilizada en todo tipo de drenaje, tanto como conducto de captación y transporte o como pozo drenante.

### 3.7 VARIEDAD DE DIAMETROS:

La tubería perfilada se fabrica en diámetros convencionales pero puede variar en incrementos de un milímetro si fuera el caso.

*La posibilidad de fabricar el tubo con variaciones de diámetro de un milímetro, permite la reparación y adecuación de viejas conducciones sin pérdida de sección y en tiempos muy reducidos. Estos condicionantes son prioritarios en obras de resultados y encauzamientos de acequías en malas condiciones.*

*La comparación de precios unitarios con otros productos del mercado resultaría incompleta, dada la gama continua de diámetros del tubo perfilado P.V.C., sólo podría establecerse en unos pocos diámetros coincidentes. Además la comparación se realizaría en un instante inicial, pues de cara a la vida futura de la obra existen siempre una serie de ventajas diferidas en términos de durabilidad y bajo mantenimiento, con las que solamente puede contarse si inicialmente se dispone de un material, que como el tubo perfilado P.V.C., la garantice plenamente.*

*Por ejemplo, se podría aplicar lo anterior a los drenajes tanto pluvial como sanitario de la Ciudad capital, que realiza la Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala (Empagua) que son de rápida ejecución.*

## CAPITULO 4

### VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Anteriormente se comentó sobre las características de la tubería perfilada P.V.C. resulta de especial utilidad, en gran cantidad de casos y situaciones, tomar en cuenta su utilización en alguna de ellas para solucionar determinados problemas de la forma más rápida y efectiva.

- *Obras de difícil acceso:*

Donde cualquier otro tipo de conducción es superada con la instalación del tubo perfilado P.V.C. por su manejabilidad y sencillez de montaje.

- *Trazados muy estrictos:*

Es el caso en que la conducción deba ajustarse lo más posible a trazado tanto en planta como en perfil, por ser fundamental el mantenimiento de la cota, y que la conducción quede lo más oculta posible. La fácil adaptación a las curvas, y la ausencia de medios mecánicos ayuda a cumplir las condiciones del trazado.

#### 4.1 VENTAJAS:

##### 4.1.1 Relación Peso-Resistencia:

La tubería perfilada P.V.C. es muy liviana, gracias al diseño del perfil estas tuberías poseen una excelente relación peso-resistencia.

Un tubo de 600mm x 6 mts. pesa 69 kg. y puede ser manipulado en obra por dos personas, esto implica que es una gran ventaja en obras de difícil acceso.

**DIAMETROS / LONGITUDES / PESOS**

<u>DIAMETRO</u> (mm)	<u>LONGITUD</u> (m)	<u>PESO</u> (kg)
300	24.00	63
400	12.00	56
500	12.00	73
600	6.50	50
700	5.50	50
800	6.00	70
900	5.50	75
1000	4.00	78
1100	3.80	78
1200	3.50	78
1300	3.00	78
1500	2.00	75

**4.1.2 Resistencia Química:**

La tubería perfilada P.V.C. ha sido fabricada con resinas P.V.C. no plastificadas, técnicamente puras. Son impermeables al agua y resistente a la mayoría de los ácidos y químicos existentes en el suelo.

**4.1.3 Rugosidad de Superficie:**

Con una pared interior lisa, la tubería perfilada P.V.C. posee una baja rugosidad de superficie, que permite una mayor eficiencia hidráulica, o sea, conduce mayor caudal en un diámetro menor en relación a tuberías de concreto, asbesto y corrugadas por dentro.

**4.1.4 Longitud:**

El sistema de fabricación permite obtener el tubo a la medida que se necesite según las condicionantes de la obra.

Se tendría ausencia de juntas y ahorro de transporte de una pieza especial al poder fabricarlo a pie de obra.

*En nuestro país normalmente se fabrican los tubos de 1 a 6 mts., pero con la tubería perfilada P.V.C. se pueden hacer de mayor longitud en obra o sitio; esto permite un gran ahorro en el costo del transporte.*

#### **4.1.5 Instalacion:**

*En obras de difícil acceso, cualquier tipo de conducción, cerrada o, es superada con la instalación del tubo perfilado P.V.C., por su manejabilidad y sencillez de montaje.*

*Para trazos muy estrictos en que la conducción deba ajustarse lo mas posible al trazado tanto en planta como en perfil, por ser fundamental en mantenimiento de la cota y que la conducción quede lo más oculta posible. La fácil adaptación a las curvas y la ausencia de medios mecánicos ayudan a cumplir las condiciones del trazado.*

#### **4.1.6 Costo-Eficiencia:**

*La combinación del fácil manejo, poco peso, facilidad de instalación, variedad de diámetros, eficiencia hidráulica, etc., hacen que la tubería perfilada P.V.C., sea una alternativa que permite que al final de una obra, se logren resultados con la mejor relación costo- eficiencia.*

*Por ejemplo: la Municipalidad de la Ciudad capital de Guatemala en el reglamento de drenajes para la ciudad, exige se realicen pruebas de la tubería de drenaje sanitario y pluvial a sección llena.*

*La tubería perfilada P.V.C. ha dado buenos resultados al realizar este tipo de prueba (infiltración), debido a que se utiliza un producto (cemento solvente), que garantiza el pegado de los dos tubos, quedando bien encaradas sus secciones, o sea*

que se logra una total estanqueidad de la unión, evitando así se presenten filtraciones en las uniones.

El problema de filtraciones en las tuberías de concreto se presenta frecuentemente, provocando así un sobrecosto, porque la tubería se tiene que levantar en su totalidad en el tramo que se presentó la falla.

La experiencia de los contratistas demuestra que con la tubería perfilada P.V.C. se tienen los más rápidos avances de obra, al menor riesgo por accidentes y se logran los más bajos costos de transporte y manejo, comparado con cualquier producto del mercado.

#### **4.1.7 Pendiente Crítica:**

Utilizando la tubería perfilada P.V.C., se logran evacuar las aguas negras y pluviales lo más rápido posible en pendientes críticas, llevando un caudal mayor en un diámetro menor, mientras que en la tubería de concreto sucede lo contrario, en pendientes críticas se conduce menor caudal, se reduce la velocidad y el diámetro es mayor.

**¿QUE DIAMETRO DE TUBERIA DE HORMIGON Y FIBROCEMENTO  
ES NECESARIO PARA CONducIR LO MISMO QUE UNA  
TUBERIA PERFILADA P.V.C. ?**

Condiciones: Pendiente 0.5 I			Profundidad: 90'		
Caudal conducido (lts./seg.)	Diámetro Tubería Perfilada P.V.C. (mm)	Diámetro hormigón (mm)	Diámetro comercial de hormigón (mm)	Diámetro fibrocemento (mm)	Diámetro comercial de fibrocemento (mm)
97.7	300	342	400	310	350
210.5	400	457	500	414	450
381.8	500	571	600	517	600
620.8	600	685	700	621	700
936.5	700	810	900	725	800

Tabla No. 6

**4.2 DESVENTAJAS:**

- Utilizando la tubería perfilada P.V.C., en todas las aplicaciones ya mencionadas, las desventajas que se presentan serían las siguientes:

**Fabricación:**

La fabricación del tubo perfilado P.V.C. tiene 15 años de estar en el mercado, por lo tanto se presenta un periodo corto de investigación.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central



**Mercado:**

La introducción de la tubería perfilada P.V.C. al mercado ha sido complicada, debido a que es un producto nuevo y que su precio por metro lineal, es relativamente alto, respecto a la tubería convencional de concreto.

Otra desventaja sería que se ablanda fácilmente al contacto con el éter, de las acetonas y de hidrocarburos.

También expuesta a la intemperie por largo tiempo acorta su vida útil.

**Relleno:**

Para rellenos menores de 80 cms. con cargas excesivas se tendría que realizar un diseño especial (por ejemplo: losa de concreto), lo que provocaría un incremento en el costo.

CUADRO COMPARATIVO

VENTAJAS: DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL

<i>TUBO PERFILADO PVC</i>	<i>TUBO P.V.C.</i>	<i>TUBO DE CONCRETO</i>
<i>Bajo coeficiente de rugosidad n = 0.009 - 0.01</i>	<i>Bajo coeficiente de rugosidad n = 0.009</i>	<i>Alto coeficiente de rugosidad n = 0.012 - 0.014 respecto al P.V.C.</i>
<i>Diámetros variados hasta 2000 mm</i>	<i>Diámetros limitados hasta 12"</i>	<i>Diámetros variados hasta 72"</i>
<i>Longitudes mayores de 6 mts.</i>	<i>Longitud hasta 6 mts.</i>	<i>Longitud hasta 1 mt.</i>
<i>Peso liviano</i>	<i>Peso liviano</i>	<i>Pesado para diámetros mayores de 20</i>
<i>Banda nervada, garantiza una alta rigidez y resistencia</i>	<i>Resistente, pero hasta 12" de diámetro</i>	<i>Tubo muy rígido, menos resistente (sin refuerzo) hasta 24"</i>
<i>Mejor estanqueidad de la unión o junta bien pegada</i>	<i>Junta bien unida o pegada</i>	<i>Junta regularmente funcional. Infiltración por las múltiples juntas</i>
<i>Piezas especiales codos, tee, tee reductoras, yee, etc.)</i>	<i>Piezas especiales (codos, yee etc.)</i>	<i>Piezas especiales limitadas o no se producen en el país</i>
<i>Excelente rendimiento de instalación de mano de obra</i>	<i>Excelente rend. instalación de mano de obra, hasta = 12"</i>	<i>Regular rendimiento de instalación</i>
<i>Transporte, con bajo costo</i>	<i>Transporte, con bajo costo</i>	<i>Transporte, con alto costo</i>
<i>Alta resistencia contra alcalinos y ácidos</i>	<i>Alta resistencia contra alcalinos y ácidos</i>	<i>Alta resistencia contra alcalinos y ácidos</i>

**DESVENTAJAS:**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>TUBO PERFILADO P.V.C.</b>	<b>TUBO P.V.C.</b>	<b>TUBO CONCRETO</b>
<i>Rellenos sobre la corona del tubo menores de 80 cms.</i>	<i>Relleno sobre la corona del tubo menores de 80 cm en carreteras de tráfico pesado, hay que reforzar con losa de concreto reforzado.</i>	<i>Relleno sobre la corona del tubo menores de 80 cm en carreteras de tráfico pesado. hay que reforzar con losa de concreto reforzado Limitada hasta 12" de diámetro</i>	<i>El tubo de concreto sin refuerzo, si necesita condiciones de relleno especiales sobre la corona del tubo. Diámetros mayores de 24" tienen refuerzo.</i>
<i>Costo de material por metro lineal</i>	<i>El costo del tubo por metro lineal es alto.</i>	<i>El costo del tubo por metro lineal es alto.</i>	<i>El costo del tubo por metro lineal es bajo</i>
<i>Resultados en las uniones de los tubos</i>	<i>Baja resistencia a una alta concentración de solventes orgánicos</i>	<i>Baja resistencia a una alta concentración de solventes orgánicos</i>	<i>Buena resistencia a una alta concentración de solventes orgánicos</i>

## CAPITULO 5

### COMPORTAMIENTO HIDRAULICO COMPARATIVO DE LA TUBERIA PERFILADA P.V.C. CON LA TUBERIA DE CEMENTO

#### Comportamiento Hidráulico de la Tubería Perfilada P.V.C.:

Debido a que esta tubería se fabrica a partir del P.V.C., ofrece la gran ventaja de poseer un bajo coeficiente de rugosidad, permitiendo así un comportamiento más económico en las instalaciones.

Los coeficientes recomendados para la tubería perfilada P.V.C. son:

Manning	:	n	0.008-0.009
Colebrook-White	:	k	0.003-0.0015mm
Se recomienda para Hazen-Williams		C	= 140

#### Condiciones de flujo máximo:

En ductos circulares el máximo caudal se logra cuando la profundidad es de 90.0% de diámetro interno (ver gráfica de Relaciones Hidráulicas, en anexo 1), es decir, el tubo trabaja como canal. Los diferentes problemas de Flujo en tuberías a canal abierto para condiciones de Flujo Máximo, se pueden resumir en:

- Conocido el caudal de diseño (Q), la pendiente (S) y el factor de rugosidad (n), calcular el diámetro (D). Ecuación I
- Conocidos el diámetro (D), la pendiente (S) y el factor de rugosidad (n), calcular la velocidad (V). Ecuación II
- Conocidos el diámetro (D), la pendiente (S) y el factor de rugosidad (n), calcular el Caudal Máximo (Q). Ecuación III

ECUACION I

$$D = (Q*(n/S^{1/2})/0.33523)^{0.375}$$

ECUACION II

$$V = (1/n)*(RH)^{2/3}*(S)^{1/2}$$

ECUACION III

$$Q_m = (1/n)*(AM)*(RH)^{2/3}*(S)^{1/2}$$

de donde:

$Q_m$ : Caudal máximo posible en el tubo (m<sup>3</sup>/seg)

$AM$ : Area mojada (m<sup>2</sup>) = 0.7652 (d\*0.001)<sup>2</sup>

donde:

d: diámetro del tubo en mm.

RH: radio hidráulico (mts.) =  $RH = \frac{AM}{(AM \cdot D \cdot 2.6384)(m)}$

donde:

d: diámetro del tubo en mm.

S: pendiente motriz m/m

n: coeficiente de rugosidad de Manning (n = 0.00833 a 0.001 para tubería perfilada P.V.C.)

Las ecuaciones anteriores se basan en la condición hidráulica que establece el flujo máximo cuando la profundidad es un 90.0% del diámetro interno. (ver Fig. No. 7)

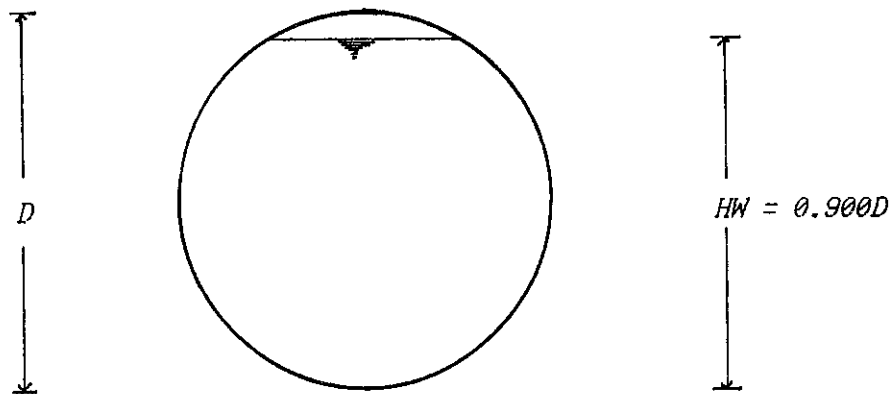


Fig. No. 10

$HW = \text{Profundidad (\%)}$

Caudal máximo posible en el tubo.

**NOTA:** Para cualquier relación de gasto ( $q$ ) a gasto total de alcantarilla ( $Q$ ), las curvas de la gráfica de relaciones hidráulicas dan las relaciones de velocidad, área y altura de flujo a diámetro de alcantarilla.

En la gráfica de relaciones hidráulicas (ver anexo 1), se puede notar que el caudal máximo ocurre cuando la profundidad del flujo es aproximadamente  $0.9 D$ , por lo que generalmente los tubos en alcantarillados son diseñados para que el flujo máximo alcance una altura de  $0.90 D$ .

**Ejemplo:**

1. Calcular el diámetro requerido para cierto proyecto de Urbanización, donde se utilizará tubería perfilada P.V.C. con un  $n = 0.009$ . Se necesita conducir  $1.72 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , con una pendiente  $1\%$ . También calcular diámetro para tubería de concreto con  $n = 0.012$

Dado: el caudal máximo, el factor de rugosidad y la pendiente, se usa la Ecuación I

Tubería Perfilada P.V.C.  $n = 0.009$

$$D = [Q*(n/(S)^{0.375} / 0.33523)]$$

$$D = [1.72*(0.009/(0.01)^{0.375} / 0.33523)]$$

$$D = 0.7485 \text{ mts.}$$

$$D = 750 \text{ mm}$$

Tubo de cemento  $n = 0.012$

$$D = [1.72*(0.012/0.01)^{0.375} / 0.33523]$$

$$D = 0.834 \text{ mts.}$$

$$D = 834 \text{ mm}$$

2. Para el mismo ejemplo, dado el diámetro de la tubería perfilada P.V.C. = 750 mm la pendiente  $S = 0.01$  y el factor de rugosidad = 0.009. Calcular la velocidad tanto para tubería perfilada P.V.C. como para la tubería de concreto con  $n = 0.012$

Dado: el diámetro, la pendiente y el factor de rugosidad, entonces se usa la Ecuación II.

$$V = (1/N)*(RH)^{0.487}*S^{0.487}$$

de donde para tubo perfilada P.V.C.

$$RH = AM/(D*2.6384)^{(m)}$$

$$AM = 0.7652*D^2 (m)$$

entonces, sustituyendo valores:

$$AM = 0.7652*(0.750)^2$$

$$AM = 0.4304$$

$$RH = 0.4304/(0.750*2.6384)$$

$$RH = 0.2175$$

de donde:

$$V = (1/0.009) * (0.2175)^{2/3} * (0.01)^{1/2}$$
$$V = 4.02 \text{ m/seg}$$

Para tubo de concreto  $n = 0.012$

$$V = (1/0.012) * (0.2175)^{2/3} * (0.01)^{1/2}$$
$$V = 3.01 \text{ m/seg}$$

3. Conociendo el diámetro, la pendiente y el factor de rugosidad, para el problema planteado, calcular el caudal máximo que conduce el tubo perfilada P.V.C., como para la tubería de concreto.

Dado:

$$S = 0.01$$

$$D = 0.750 \text{ mts.}$$

$$n = 0.009 \text{ tubo perfilada P.V.C.}$$

$$n = 0.012 \text{ tubo de concreto}$$

Calcular:

$$Q = \text{m}^3/\text{seg}$$

Solución:

Por los datos dados, se usa la Ecuación III.

$$Q = (1/n) * AM * (RH)^{2/3} * S^{1/2}$$



Para tubo perfilada P.V.C.:  $n = 0.009$

Por ser el mismo ejemplo, entonces;

$$AM = 0.4304$$

$$RH = 0.218$$

$$Q = (1/0.009) * (0.4304) * (0.218)^{2/3} * (0.01)^{1/2}$$

$$Q = 1.72 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para tubo de concreto:  $n = 0.012$

$$Q = (1/0.012) * (0.4304) * (0.218)^{2/3} * (0.01)^{1/2}$$

$$Q = 1.30 \text{ m}^3/\text{seg}$$

COMPORTAMIENTO HIDRAULICO COMPARATIVO

		<i>Diámetro Equivalente</i>	<i>Diámetro Comercial</i>
<i>Tubería Perfilada P.V.C.</i>		<i>en concreto</i>	<i>en concreto</i>
<i>Diámetro (mm)</i>	<i>Kg/6m</i>	<i>(mm)</i>	<i>(mm)</i>
300	24	344	400
350	28	402	400
400	31	459	500
450	33	517	600
500	37	574	600
550	41	631	700
600	69	689	700
650	74	746	800
700	80	803	800
750	85	861	900
800	92	918	1000
850	97	976	1000
900	102	1033	1200
950	108	1090	1200
1000	115	1148	1200

*El peso en Kg. es por cada 6 metros lineales (ml) de tubo perfilado P.V.C.*

**DISEÑO DRENAJE PLUVIAL**  
**PROYECTO: PASO A DESNIVEL OBELISCO**  
**TUBERIA PERFILADA P.V.C.**  
**n = 0.009**

TRAMO	LONGIT	COTA DE TERRENO		n	S	DIAN. Pulg.	A N	R H	DIAN. mts.	VELOCI m/seg.	Q. m3/seg	COTAS INVERT		EXCAVACION (m3)	ALT POZO mt.	
		SALIDA	LLEGADA									SALIDA	LLEGADA		INICIO	FINAL
1-2	53.21	1504.05	1502.24	0.009	0.04	20	0.191	0.145	0.500	6.13	1.173	1501.19	1499.13	143.19	2.86	3.11
2-3	44.95	1502.24	1498.08	0.009	0.033	20	0.191	0.145	0.500	5.57	1.066	1498.46	1497.10	112.47	3.78	1.78
3-4	50.46	1498.08	1497.30	0.009	0.023	20	0.191	0.145	0.500	4.65	0.890	1496.86	1495.70	82.20	2.02	1.60
4-9	20.73	1497.30	1497.39	0.009	0.03	24	0.275	0.174	0.600	6.00	1.652	1495.70	1497.10	19.69	1.60	0.29
9-10	31.70	1497.39	1498.01	0.009	0.026	24	0.275	0.174	0.600	5.58	1.538	1497.10	1494.30	63.40	0.29	3.71
12-11	55.75	1501.69	1499.59	0.009	0.021	20	0.191	0.145	0.500	4.44	0.850	1498.79	1497.62	122.43	2.90	1.97
11-10	81.04	1499.59	1498.01	0.009	0.027	20	0.191	0.145	0.500	5.04	0.964	1497.62	1495.37	168.48	1.97	2.64
8-7	56.91	1503.06	1502.09	0.009	0.015	20	0.191	0.145	0.500	3.76	0.719	1501.03	1500.17	121.90	2.03	2.72
7-6	56.72	1502.09	1499.45	0.009	0.043	20	0.191	0.145	0.500	6.36	1.217	1499.73	1497.31	135.28	3.16	2.14
6-5	55.98	1499.45	1497.57	0.009	0.02	20	0.191	0.145	0.500	4.34	0.83	1497.26	1496.12	91.70	2.19	1.45
5-4	10.47	1497.57	1497.31	0.009	0.0136	20	0.191	0.145	0.500	3.58	0.68	1496.04	1495.90	13.85	1.53	1.41
13-12	50.21	1500.01	1501.69	0.009	0.034	20	0.191	0.145	0.500	5.66	1.08	1501.74	1500.02	76.82	1.73	1.67
14-15	30.44	1506.92	1506.95	0.009	0.0088	20	0.191	0.145	0.500	2.88	0.550	1505.35	1505.06	47.40	1.57	1.89
15-EX	53.60	1506.95	1505.81	0.009	0.0096	16	0.122	0.116	0.400	2.59	0.317	1504.99	1504.48	79.60	1.96	1.33
16-17	115.35	1507.98	1506.08	0.009	0.0071	18	0.155	0.131	0.450	2.39	0.371	1504.76	1503.93	279.26	3.22	2.15
17-18	3.16	1506.08	1505.94	0.009	0.07	18	0.155	0.131	0.450	7.51	1.164	1503.36	1503.14	7.85	2.72	2.80
18-10	20.60	1505.94	1498.01	0.009	0.01	30	0.430	0.218	0.750	4.00	1.721	1494.00	1493.80	199.74	11.94	4.21

- D = DIANETRO INTERNO (mm)
- Q = CAUDAL MAXIMO (MTS. CUBICOS POR SEGUNDO, mcs)
- n = COEFICIENTE DE RUGOSIDAD "n" DE MANNING
- S = PENDIENTE DE LA CONDUCCION (m/m)
- V = VELOCIDAD DEL AGUA EN EL TUBO (m/seg.)
- AN = AREA MAXIMA HUMEDA (0.7652D^2)(m2)
- RH = RADIO HIDRAULICO (AN/Dx2.6384)(m)

**NOTA:** Para identificar los tramos de tubería, ver planos de la Empresa Municipal de Agua y Alcantarillado, ENPAGUA en Anexo 4.

**FORMULA:**

$$Q = (1/N) \times (AN) \times (RH)^2 \times (S)^{(1/2)}$$

$$V = (1/N) \times (RH)^2 \times (S)^{(1/2)}$$

$$D = (Q \times (n/S^{1/2}) / 0.33523)^{0.375}$$

**DISEÑO DRENAJE PLUVIAL**  
**PROYECTO: PASO A DESNIVEL OBELISCO**  
**TUBERIA PERFILADA P.V.C.**  
**n = 0.010**

TRAMO	LONGIT	COTA DE TERRENO		n	S	DIAM. Pulg.	A H	R W	DIAM. mts.	VELOCI m/seg.	Q. m <sup>3</sup> /seg	COTAS INVERT		EXCAVACION (m <sup>3</sup> )	ALT POZO mt.	
		SALIDA	LLEGADA									SALIDA	LLEGADA		INICIO	FINAL
1-2	53.21	1504.05	1502.24	0.010	0.04	20	0.191	0.145	0.500	5.52	1.055	1501.19	1499.13	143.19	2.86	3.11
2-3	44.95	1502.24	1498.88	0.010	0.033	20	0.191	0.145	0.500	5.01	0.959	1498.46	1497.10	112.47	3.78	1.78
3-4	50.46	1498.88	1497.30	0.010	0.023	20	0.191	0.145	0.500	4.18	0.80	1496.86	1495.70	82.20	2.02	1.60
4-9	20.73	1497.30	1497.39	0.010	0.03	24	0.275	0.174	0.600	5.40	1.486	1495.70	1497.10	19.69	1.60	0.29
9-10	31.70	1497.39	1498.01	0.010	0.026	24	0.275	0.174	0.600	5.02	1.384	1497.10	1494.30	63.40	0.29	3.71
12-11	55.75	1501.69	1499.59	0.010	0.021	20	0.191	0.145	0.500	4.00	0.765	1498.79	1497.62	122.43	2.90	1.97
11-10	81.04	1499.59	1498.01	0.010	0.027	20	0.191	0.145	0.500	4.53	0.867	1497.62	1495.37	168.48	1.97	2.64
8-7	56.91	1503.06	1502.09	0.010	0.015	20	0.191	0.145	0.500	3.38	0.646	1501.03	1500.17	121.90	2.03	2.72
7-6	56.72	1502.09	1499.45	0.010	0.043	20	0.191	0.145	0.500	5.72	1.094	1499.73	1497.31	135.28	3.16	2.14
6-5	55.98	1499.45	1497.57	0.010	0.02	20	0.191	0.145	0.500	3.90	0.746	1497.26	1496.12	91.70	2.19	1.45
5-4	10.47	1497.57	1497.31	0.010	0.0136	20	0.191	0.145	0.500	3.22	0.615	1496.04	1495.90	13.85	1.53	1.41
13-12	50.21	1500.01	1501.69	0.010	0.034	20	0.191	0.145	0.500	5.09	0.973	1501.74	1500.02	76.82	1.73	1.67
14-15	30.44	1506.92	1506.95	0.010	0.0088	20	0.191	0.145	0.500	2.59	0.495	1505.35	1505.06	47.40	1.57	1.89
15-EX	53.60	1506.95	1505.01	0.010	0.0096	16	0.122	0.116	0.400	2.33	0.285	1504.99	1504.48	79.60	1.96	1.33
16-17	115.35	1507.98	1506.08	0.010	0.0071	18	0.155	0.131	0.450	2.17	0.336	1504.76	1503.93	279.26	3.22	2.15
17-18	3.16	1506.08	1505.94	0.010	0.07	18	0.155	0.131	0.450	6.80	1.054	1503.36	1503.14	7.85	2.72	2.80
18-10	20.60	1505.94	1498.01	0.010	0.01	30	0.430	0.218	0.750	3.62	1.556	1494.00	1493.80	199.74	11.94	4.21

D = DIAMETRO INTERNO (mm)  
Q = CAUDAL MAXIMO (MTS. CUBICOS POR SEGUNDO, mcs)  
n = COEFICIENTE DE RUGOSIDAD "n" DE MANNING  
S = PENDIENTE DE LA CONDUCCION (m/m)  
V = VELOCIDAD DEL AGUA EN EL TUBO (m/seg.)  
AH = AREA MAXIMA HUMEDA (0.7652 \* D<sup>2</sup>) (m<sup>2</sup>)  
RH = RADIO HIDRAULICO (AH / D \* 2.6384) (m)

**NOTA:** Para identificar los tramos de tubería, ver planos de la Empresa Municipal de Agua y Alcantarillado, EMPAGUA en Anexo 4.

**FORMULA:**  $Q = (1/N) * (AH) * (RH)^{2/3} * (S)^{1/2}$   
 $V = (1/N) * (RH)^{2/3} * (S)^{1/2}$   
 $D = (0.48 * (Q * S^{1/2}) / 0.33523)^{0.375}$

**DISEÑO DRENAJE SANITARIO**  
**PROYECTO: PASO A DESNIVEL OBELISCO**  
**TUBERIA PERFILADA P.V.C.**  
**n = 0.012**

TRAMO	LONGIT	COTA DE TERRENO		n	S	DIAM. Pulg.	AN	RH	DIAM. mts.	VELOCI m/seg.	Q. m <sup>3</sup> /seg	COTAS INVERT		EXCAVACION (m <sup>3</sup> )	ALT POZO mt.	
		SALIDA	LLEGADA									SALIDA	LLEGADA		INICIO	FINAL
1-2	53.21	1504.05	1502.24	0.012	0.04	20	0.191	0.145	0.500	4.60	0.879	1501.19	1499.13	143.19	2.86	3.11
2-3	44.95	1502.24	1498.88	0.012	0.033	20	0.191	0.145	0.500	4.18	0.800	1498.46	1497.10	112.47	3.78	1.78
3-4	50.46	1498.88	1497.30	0.012	0.023	20	0.191	0.145	0.500	3.49	0.667	1496.86	1495.70	82.20	2.02	1.60
4-9	20.73	1497.30	1497.39	0.012	0.03	24	0.275	0.174	0.600	4.50	1.239	1495.70	1497.10	19.69	1.60	0.29
9-10	31.70	1497.39	1498.01	0.012	0.026	24	0.275	0.174	0.600	4.19	1.153	1497.10	1494.30	63.40	0.29	3.71
12-11	55.75	1501.69	1499.59	0.012	0.021	20	0.191	0.145	0.500	3.33	0.637	1498.79	1497.62	122.43	2.90	1.97
11-10	81.04	1499.59	1498.01	0.012	0.027	20	0.191	0.145	0.500	3.78	0.723	1497.62	1495.37	168.48	1.97	2.64
8-7	56.91	1503.06	1502.89	0.012	0.015	20	0.191	0.145	0.500	2.82	0.539	1501.03	1500.17	121.90	2.03	2.72
7-6	56.72	1502.89	1499.45	0.012	0.043	20	0.191	0.145	0.500	4.77	0.912	1499.73	1497.31	135.28	3.16	2.14
6-5	55.98	1499.45	1497.57	0.012	0.02	20	0.191	0.145	0.500	3.25	0.623	1497.26	1496.12	91.70	2.19	1.45
5-4	10.47	1497.57	1497.31	0.012	0.0136	20	0.191	0.145	0.500	2.68	0.513	1496.04	1495.90	13.85	1.53	1.41
13-12	50.21	1500.01	1501.69	0.012	0.034	20	0.191	0.145	0.500	4.24	0.811	1501.74	1500.02	76.82	1.73	1.67
14-15	30.44	1506.92	1506.95	0.012	0.0088	20	0.191	0.145	0.500	2.16	0.413	1505.35	1505.06	47.40	1.57	1.89
15-EX	53.60	1506.95	1505.81	0.012	0.0096	16	0.122	0.116	0.400	1.94	0.238	1504.99	1504.48	79.60	1.96	1.33
16-17	115.35	1507.98	1506.08	0.012	0.0071	18	0.155	0.131	0.450	1.81	0.200	1504.76	1503.93	279.26	3.22	2.15
17-18	3.16	1506.08	1505.94	0.012	0.07	18	0.155	0.131	0.450	5.67	0.878	1503.36	1503.14	7.85	2.72	2.80
18-10	20.60	1505.94	1498.01	0.012	0.01	30	0.430	0.218	0.750	3.01	1.300	1494.00	1493.80	199.74	11.94	4.21

- D = DIAMETRO INTERNO (mm)
- Q = CAUDAL MAXIMO (MTS. CUBICOS POR SEGUNDO, mcs)
- n = COEFICIENTE DE RUGOSIDAD "n" DE MANNING
- S = PENDIENTE DE LA CONDUCCION (m/m)
- V = VELOCIDAD DEL AGUA EN EL TUBO (m/seg.)
- AN = AREA MAXIMA HUNEDA (0.76528D<sup>2</sup>)(m<sup>2</sup>)
- RH = RADIO HIDRAULICO (AN/2.6384)(m)

**NOTA:** Para identificar los tramos de tubería, ver planos de la Empresa Municipal de Agua y Alicantarillado, ENPAGUA en Anexo 4.

**FORMULA:**

$$Q = (1/n) \times (AN) \times (RH)^{2/3} \times (S)^{1/2}$$

$$V = (1/n) \times (RH)^{2/3} \times (S)^{1/2}$$

$$D = (Q \times (n/S^{1/2}) / 0.33523)^{0.375}$$

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. El comportamiento hidráulico de la tubería perfilada P.V.C., respecto a la tubería de concreto, es más eficiente, porque manteniendo las mismas condiciones (pendiente, radio hidráulico, etc.) para los dos tipos de tubería, se puede observar en los cuadros anteriormente calculados, que se conduce mayor caudal en el tubo perfilado P.V.C. que en el tubo de concreto.
2. Influye de gran manera el bajo factor de rugosidad de la tubería perfilada P.V.C., porque para calcular el diámetro para los dos tipos de tubería, utilizando las mismas condiciones (pendiente, radio hidráulico, etc.) se obtiene un menor diámetro para el tubo perfilado P.V.C., conduciendo el mismo caudal.
3. En la tubería perfilada P.V.C. la velocidad es mayor que en la tubería de concreto, porque la superficie del tubo perfilado P.V.C. es más lisa, o sea su factor de rugosidad es muy bajo, presentándose así una mínima oposición al desplazamiento del flujo, en este caso es agua.

La máxima velocidad calculada para el tubo perfilado P.V.C., se presenta para la pendiente de 7%, diámetro de 450mm, utilizando un factor de rugosidad de  $n = 0.009$ , con velocidad igual a 7.51 m/seg.

Según tabla de velocidad para el tubo perfilado P.V.C. (ver anexo 1) la máxima velocidad que se puede obtener para  $D = 450\text{mm}$  es de 7.00 m/seg., pero según la tabla de fuerzas desarrolladas en la tubería perfilada P.V.C. (ver anexo 1) para un tubo de  $D = 450\text{mm}$ , es de 8.86 kilonewton, estando esta fuerza en el área donde no es crítica la máxima fuerza posible que se puede conducir en las condiciones actuales permitidas.

**C A P I T U L O    6**

**OPTIMIZACION DE LA TUBERIA**  
**PERFILADA P.V.C.**

COSTO DE INSTALACION PARA TUBERIA PERFILADA P.V.C.

DESCRIPCION	U	CANTIDAD	P.UNIT.	SUB-TOTAL	TOTAL
<b>1. Materiales:</b>					
1.1 Tubo perfilado P.V.C.					
∅ 750mm	ml	20.60	561.60	11,568.96	
600mm	ml	52.43	412.11	21,606.93	
500mm	ml	546.14	249.60	136,316.54	
450mm	ml	118.51	187.20	22,185.07	
400mm	ml	53.60	140.40	<u>7,525.44</u>	199,202.94
1.2 Pegamento					
∅ 750mm	G1	5.15	312.00	1,606.80	
600mm	G1	8.39	312.00	2,617.68	
500mm	G1	60.08	312.00	18,744.96	
450mm	G1	11.85	312.00	3,697.20	
400mm	G1	4.82	312.00	<u>1,503.84</u>	28,170.48
1.3 Thinner	G1	19.70	20.00	394.00	
1.4 Wipe	Bola	19.70	5.00	<u>98.50</u>	492.50
				Total Mater. =	227,865.92
<b>2. Mano de Obras:</b>					
2.1 Colocación tubo					
∅ 750mm	ml	20.60	0.85	17.51	
600mm	ml	52.43	0.65	34.08	
500mm	ml	543.14	0.55	300.38	
450mm	ml	118.51	0.45	53.33	
400mm	ml	53.60	0.40	<u>21.44</u>	426.74
2.2 Excavación de zanja (T duro)	m3	1,765.26	34.88	61,572.27	
2.3 Relleno de zanja + compact.	m3	1,588.73	8.17	12,979.92	
2.4 Nivelación de zanja	ml	791.28	2.00	<u>1,582.56</u>	76,134.75
				Total M.O. =	76,561.49
<b>3. Transporte:</b>					
Viaje	3	150.00	450.00	=	450.00
<b>4. Pozos de visita:</b>					
Unid.	19	4,000.00	76,000.00	=	<u>76,000.00</u>
				Costo total	Q. 380,877.41
				Gastos Admon. (10)	Q. 418,965.15
				Gastos Grales. (10)	Q. 460,861.67
				Imprevistos (05)	Q. 483,904.75
				Ganancia (10)	<u>Q. 532,295.22</u>
				Precio total	Q. 532,295.22

Precio/ml:  
 Q. 532,295.22 ÷ 791.28 ml = Q. 739.97/ML + I.V.A.



## TRANSPORTE

### ALTERNATIVA No. 1

$\phi$ (mm)	MTS. P/FURGON	ml	FURGONES
750	140	20.60	0.15
600	180	52.43	0.29
500	280	546.14	1.95
450	280	118.51	0.42
400	400	53.60	<u>0.13</u>
			<b>2.94</b>

3 furgones \* 150.00 viaje = Q. 450.00

### ALTERNATIVA No. 2

$\phi$ (mm)	kG/Cm	ml	Kg	Lbs	qq
750	85	20.60	291.83	642.03	6.42
600	69	52.43	602.95	1,326.48	13.26
500	37	546.14	3,367.86	7,409.30	7.41
450	33	118.51	651.81	1,433.97	14.34
400	31	53.60	276.93	609.25	6.09

Total qq = 47.52 qq

Transporte dentro del perimetro de la Ciudad

Q. 0.25/Km\*qq \* 48 qq = Q. 12.00/Km \* 5 Km = Q. 60.00

CALCULO DE MORTERO PARA JUNTAS

TUBERIA CONCRETO		MORTERO (M3)		CEMENTO 13 s/m <sup>3</sup>	ARENA 1 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	COSTO MANO DE OBRA Q.	
φ	Long (mt)	por junta	total			por junta	total
6"	53.60	0.009	0.48	6.24	6.24	5.25	283.50
18"	118.51	0.009	1.067	13.87	13.87	7.85	934.15
21"	546.14	0.010	5.46	70.98	70.98	9.40	5141.80
24"	52.43	0.029	1.52	1.16	1.16	9.40	498.20
30"	20.60	0.037	0.26	9.88	9.88	11.75	246.75

**NOTA:** Rendimiento de mano de obra y cálculo de mortero por junta, fueron proporcionados por la sección de alcantarillado del INFOM (Instituto Nacional de Fomento Nacional).

COSTO DE INSTALACION PARA TUBERIA DE CONCRETO

<u>DESCRIPCION</u>	<u>U</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>P. UNIT.</u>	<u>SUB-TOTAL</u>	<u>TOTAL</u>
<b>1. Materiales:</b>					
Tubo $\phi$ 30"	ml	20.60	342.99	7,065.61	
$\phi$ 24"	ml	52.43	170.09	8,917.82	
$\phi$ 20"	ml	546.14	87.85	47,978.40	
$\phi$ 18"	ml	118.51	70.56	8,362.07	
$\phi$ 16"	ml	53.60	61.68	<u>3,306.05</u>	75,629.95
Cemento	qq	115.00	24.00	2,760.00	
Arena de rio	m3	115.00	65.00	7,475.00	
Ladrillo tayuyo (6.5x11x23)	U	15,840.00	1.00	<u>15,840.00</u>	26,075.00
				Total Mat. = Q. 101,704.95	
<b>2. Mano de Obra:</b>					
Excavación de zanja	m3	1,765.26	34.88	61,572.27	
Nivelación	ml	791.28	2.00	<u>1,582.56</u>	63,154.83
Colocación de tubería					
$\phi$ 30"	ml	20.60	33.33	686.60	
$\phi$ 24"	ml	52.43	20.00	1,048.60	
$\phi$ 20"	ml	546.14	20.00	10,922.80	
$\phi$ 18"	ml	118.51	16.67	1,975.56	
$\phi$ 16"	ml	53.60	11.11	<u>595.50</u>	15,229.06
Relleno y compactación de zanja	m3	1,588.73	8.17	12,979.92	12,979.92
Juntas					
$\phi$ 30"	U	21.00	11.75	246.75	
$\phi$ 24"	U	53.00	9.40	498.20	
$\phi$ 20"	U	546.00	9.40	5,132.40	
$\phi$ 18"	U	119.00	7.85	934.15	
$\phi$ 16"	U	54.00	5.25	<u>283.50</u>	7,095.00
				Total M.O. = Q. 98,458.81	
<b>3. Transporte:</b>	viaje	32	150.00	4,800.00	Q. 4,800.00
<b>4. Pozos de visita:</b>	U	19	4,000.00	76,000.00	Q. 76,000.00
				Costo total	Q. 280,963.76
				Gastos Generales	Q. 309,060.14
				Gastos Admón.	Q. 339,966.15
				Imprevistos	Q. 356,964.46
				Ganancia	<u>Q. 392,660.90</u>
				Precio total	Q. 392,660.90

Precio/ml:  
 $Q. 392,660.90 \div 791.28 \text{ ml} = Q. 496.24/\text{ml} + \text{I.V.A.}$

T R A N S P O R T E

ALTERNATIVA No. 1

<u>TUBO</u> $\phi$	<u>TUBOS/VIAJE</u>	<u>No. TUBOS</u>	<u>No. VIAJE</u>
30"	10	21	2.10
24"	18	53	2.94
20"	25	546	21.84
18"	32	119	3.73
16"	40	54	<u>1.35</u>
			31.96 V = 32 viajes

32 viajes a Q. 150.00/v = Q. 4,800.00

ALTERNATIVA No. 2

<u>TUBO</u> $\phi$	<u>LTS./TUBO</u>	<u>No. TUBOS</u>	<u>qq</u>
30"	1100	21	231
24"	800	53	424
20"	600	546	3,276
18"	500	119	595
16"	400	54	<u>216</u>
			4,742 $\approx$ 8 PLATAFORMAS

Q. 0.04/km.  $\times$  qq  $\times$  4,742qq = q. 189.68/km  $\times$  10 Km = Q. 1,896.80

4. Pozos de visita:

<u>U</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>P. UNIT.</u>	<u>SUB-TOTAL</u>
U	19	4,000.00	76,000.00

RESUMEN  
COSTO

1. <u>TUBERIA PERFILADA P.V.C.</u>	<u>Q.</u>
Materiales	227,865.92
M.O.	76,561.49
Transporte	450.00
Otros	<u>76,000.00</u>
	<b>380,877.41</b>
2. <u>TUBERIA DE CONCRETO</u>	
Materiales	101,704.95
M.O.	98,458.81
Transporte	4,800.00
Otros	<u>76,000.00</u>
	<b>280,963.76</b>

## CONCLUSIONES

1. *El alto grado de resistencia de la tubería perfilada P.V.C., a los productos químicos, la hace inmune a todos los tipos de corrosión experimentados en sistemas de tuberías enterradas, donde por naturaleza se producen corrosiones químicas o electroquímicas.*
2. *La variedad de diámetros, su ligereza y fácil instalación, demuestra que con la tubería perfilada P.V.C. se tienen los más rápidos avances de mano de obra, con el menor riesgo de accidentes y los más bajos costos de transporte y manejo en la obra, en relación a otros productos del mercado.*
3. *El comportamiento hidráulico de la tubería perfilada P.V.C., ofrece gran ventaja respecto a la tubería de concreto, porque posee un bajo coeficiente de rugosidad, permitiendo así un mejor rendimiento hidráulico.*
4. *Utilizando tubería perfilada P.V.C. en drenaje sanitario y pluvial, se conduce mayor caudal, que en un tubo de concreto, porque la velocidad es mayor en la tubería perfilada P.V.C. teniendo como datos la pendiente y el diámetro del tubo iguales para los dos tipos de tubería.*
5. *La tubería perfilada P.V.C., puede conducir el mismo caudal que una tubería de concreto, solo que con un diámetro menor, disminuyendo así los costos.*
6. *Las fuerzas ejercidas sobre la pared del tubo perfilado P.V.C., pueden ser mayores que las presentadas en la tuberías convencionales de concreto, porque los dos tipos de tubería conduciendo el mismo caudal e igual pendiente, la velocidad es mayor en el tubo perfilado P.V.C., presentándose mayor fuerza en las paredes del mismo. Por lo*

*tanto este último resiste más a las fuerzas ejercidas en las paredes.*

- 7. El costo de materiales y mano de obra para la tubería perfilada P.V.C. viene a ser el 80% del costo total de la obra de drenaje, mientras que para el tubo de concreto es del 71.24%*
- 8. El costo de transporte del tubo perfilado P.V.C. calculado en le presente trabajo, demuestra que no es significativo en relación al costo total de la obra, mientras que para el tubo de concreto es del 2%.*
- 9. El tubo perfilado P.V.C. abarca un mayor campo de aplicación en relación al tubo de concreto, por sus características físicas, químicas, resistentes y fabricación de variedad de diámetros y accesorios.*

## RECOMENDACIONES

1. *Se debe seleccionar y colocar bien el material de relleno a los lados y encima de los tubos, para asegurar la futura funcionalidad y vida útil del tubo.*
2. *No permitir un ancho mayor de zanja igual a  $B = D+0.40$  (m) porque disminuye la capacidad de carga del tubo. Al no cumplirse lo anterior, se deben considerar como tubos en terraplén.*
3. *Al colocar la primera cama de material de relleno sobre la corona del tubo, compactarla con compactadores manuales, para evitar rupturas o daños en la tubería perfilada P.V.C.*
4. *Que la superficie exterior de accesorio y las interiores de los tubos, estén completamente limpios de polvo, grasas, etc., para garantizar la unión, o sea, no permitir futuras infiltraciones en las uniones de tubos o de tubos con accesorios.*
5. *Es conveniente el adecuado almacenamiento y manipulación de la tubería perfilada P.V.C. dentro de la obra, antes de su uso.*
6. *El tubo no debe ser puesto en contacto con ácido muriático, disolvente de pintura, gasolina o sustancias similares.*
7. *Se debe tomar muy en cuenta, que el mismo personal que instala la tubería perfilada P.V.C., rellene la zanja, para evitar daños en la tubería y tener mejores resultados en la compactación de la zanja.*
8. *No instalar tubería perfilada P.V.C., en cauces naturales, donde aguas arriba exista un botadero de ripio, porque tendrá como resultado el asolvamiento de la tubería y el daño de la misma.*



9. *En terreno rocoso y arcilloso colocar una base (cama) de arena o tierra que funcione como colchón, para que el tubo perfilado P.V.C. no sufra daños por impacto.*
10. *Nivelar y compactar de una forma precisa la base del tubo en el caso que se presenten pendientes muy suaves, por ejemplo de 0.5% a 1.5%.*
11. *No exponer por largos períodos a la intemperie el tubo perfilado P.V.C., para evitar acortar su vida útil.*

## BIBLIOGRAFIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS  
Plastic Pipe and Building Product. Philadelphia  
ASTM F 794 - 1987

MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA  
Normas y reglamentos de drenajes para la Ciudad de Guatemala.  
Diario de Centro América, Mayo 1964.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS  
"Annual Book of ASTM Standards"  
Philadelphia ASTM D1784 -D2152 1,987

TUBERIA PLASTICA  
Abastecimiento de Agua Potable  
Organización Panamericana de la Salud. 1965

DURMAN ESQUIVEL, S.A.  
Tuberías para Conducciones de Agua a Baja Presión  
Guatemala, 1993

DE LA RIVA, Julio Mario  
Anteproyecto del Plan Maestro. Normas y Reglamento de Drenajes para la Ciudad de Guatemala.  
(Tesis de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala) Guatemala, 1,963 55 pg. gráficas

RIVERA ECHEVERRIA, Luis Arturo  
Recomendaciones para la Construcción de Drenajes.  
(tesis de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala) Guatemala, 1959 27 pg.

PELAEZ GODOY, Luis Alberto  
Proyecto de reglamento de Diseño y Construcción de Obras de Alcantarillado para la Ciudad de Guatemala.  
(Tesis de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala) Guatemala, 1981 85 pg.

MORALES LOPEZ, Miguel Angel  
Aplicación de la Tubería de P.V.C. en el Sistema de Alcantarillado Sanitario, caso Patzún.  
(Tesis de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala) Guatemala, 1981 51 pg.

HERNANDEZ STEIN, César Arnoldo  
Evaluación y Propuesta de Normas para Tuberías de Concreto Reforzado.  
(Tesis de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala) Guatemala, agosto 1986 100 pg.

**A N E X O 1**

**TABLAS**

**RENDIMIENTOS DE INSTALACION PARA  
TUBERIA PERFILADA P.V.C.**

<i>DIAMETRO (mm)</i>	<i>DRENAJE PLUVIAL (mts./día)</i>	<i>DRENAJE SANITARIO (mts./día)</i>
230	600	800
250	600	800
300	550	750
350	500	700
400	450	600
500	400	500
600	340	400
700	300	450
800	260	350
900	240	300
1000	200	250
1100	180	
1200	170	
1300	150	
1400	140	
1500	120	
1600	110	
1700	100	
1800	90	
1900	90	
2000	80	

*Hay que destacar que estos rendimientos se consiguen con una instalación en la que no interviene ningún elemento mecánico.*

**PROFUNDIDADES MINIMAS DE ENTERRAMIENTO**  
**(PARA DISTINTAS SOBRECARGAS DE TRAFICO)**

DIAMETRO (MM)	H (m)			ESPESOR GRAVA
	CAMION 38 TM	CAMION 24 TM	CAMION 12 TM	
230	1,00	0,90	0,80	0,15
250	1,00	0,90	0,80	0,15
300	1,10	1,00	0,90	0,15
315	1,10	1,00	0,90	0,15
350	1,10	1,00	0,90	0,15
400	1,30	1,20	1,10	0,15
450	1,40	1,30	1,20	0,20
500	1,40	1,30	1,20	0,20
600	1,30	1,20	1,10	0,20
700	1,30	1,20	1,10	0,20
800	1,30	1,20	1,10	0,25
900	1,30	1,20	1,10	0,25
1000	1,30	1,20	1,10	0,25
1100	1,40	1,30	1,20	0,30
1200	1,40	1,30	1,20	0,30
1300	1,60	1,50	1,40	0,30
1400	1,60	1,50	1,40	0,30
1500	1,60	1,50	1,40	0,30

INSUMOS Y TRANSPORTE

<i>MEDIDA TUBO</i>	<i>PEGAMENTO GLN/MTS</i>	<i>THINNER GLN/MTS</i>	<i>WIPE BOLA/MT</i>	<i>MTS P/FURGON P/FURGON</i>	<i>METROS P/PLATAF</i>
300	0.05	0.014	0.014	600	280
350	0.06	0.013	0.013	550	280
400	0.09	0.017	0.017	400	240
450	0.10	0.018	0.018	280	140
500	0.11	0.026	0.026	280	140
550	0.13	0.023	0.02	240	140
600	0.16	0.030	0.030	180	70
650	0.19	0.032	0.032	140	70
700	0.23	0.041	0.041	140	70
750	0.25	0.043	0.043	140	70
800	0.28	0.047	0.047	70	45
850	0.31	0.034	0.034	70	45
900	0.32	0.046	0.046	70	24
950	0.36	0.051	0.051	70	24
1000	0.45	0.057	0.057	70	24

**VELOCIDADES PARA TUBERIA PERFILADA P.V.C.**

φ (mm)	PENDIENTE (%)									
	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	5.00	6.00	7.00
300	1.54	1.89	2.18	2.67	3.09	3.45	3.78	4.88	5.34	5.77
350	1.71	2.09	2.42	2.96	3.42	3.82	4.19	5.41	5.92	6.40
400	1.87	2.29	2.64	3.24	3.74	4.18	4.58	5.91	6.47	6.99
450	2.02	2.48	2.86	3.50	4.04	4.52	4.95	6.39	7.00	7.66
500	2.17	2.66	3.07	3.76	4.34	4.85	5.31	6.86	7.51	8.11
550	2.31	2.83	3.27	4.00	4.62	5.17	5.66	7.31	8.00	8.65
600	2.45	3.00	3.46	4.24	4.90	5.48	6.00	7.74	8.48	9.16
650	2.58	3.16	3.65	4.47	5.17	5.78	6.33	8.17	8.95	9.66
700	2.71	3.32	3.84	4.70	5.43	6.07	6.65	8.68	9.40	10.15
750	2.84	3.48	4.02	4.92	5.68	6.35	6.96	8.89	9.84	10.63
800	2.97	3.63	4.20	5.14	5.93	6.63	7.27	9.38	10.20	11.10
850	3.09	3.78	4.37	5.35	6.18	6.91	7.57	9.77	10.70	11.56
900	3.21	3.93	4.54	5.56	6.42	7.18	7.86	10.15	11.12	12.01
950	3.33	4.07	4.70	5.76	6.65	7.44	8.15	10.52	11.52	12.45
1000	3.44	4.22	4.87	5.96	6.88	7.70	8.43	10.89	11.92	12.88
1050	3.56	4.36	5.03	6.16	7.11	7.95	8.71	11.25	12.32	13.31
1100	3.67	4.49	5.19	6.35	7.34	8.20	8.99	11.68	12.71	13.72
1150	3.78	4.63	5.34	6.54	7.56	8.45	9.26	11.95	13.09	14.14
1200	3.89	4.76	5.50	6.73	7.77	8.69	9.52	12.29	13.47	14.54
1250	3.99	4.89	5.65	6.92	7.99	8.93	9.78	12.63	13.84	14.95
1300	4.10	5.02	5.80	7.10	8.20	9.17	10.04	12.87	14.20	15.34
1350	4.20	5.15	5.95	7.28	8.41	9.40	10.30	13.30	14.57	15.73
1400	4.31	5.28	6.09	7.46	8.62	9.63	10.55	13.62	14.92	16.12
1450	4.41	5.40	6.24	7.64	8.82	9.86	10.80	13.95	15.28	16.50
1500	4.51	5.52	6.38	7.81	9.02	10.08	11.05	14.26	15.63	16.88

Las velocidades están dadas en mts./seg.

Con esta información es posible determinar el criterio para determinar si una obra para cambio de dirección (pozo o caja de registro) necesita algún refuerzo extra en la pared.

Es importante tener en cuenta que el uso de tuberías perfiladas P.V.C. en alcantarillados pluviales puede mejorar los factores de seguridad ante el evento de lluvias con períodos de retorno grandes.

**NOTA:** Las velocidades que se localizan en el área sombreada, consultar la tabla de las fuerzas desarrolladas por el agua en tubería perfilada P.V.C., por si se exceden las fuerzas.

FUERZAS DESARROLLADAS POR EL AGUA EN TUBERIAS PERFILADAS P.V.C.

PENDIENTE DE LA CONDUCCION (%)

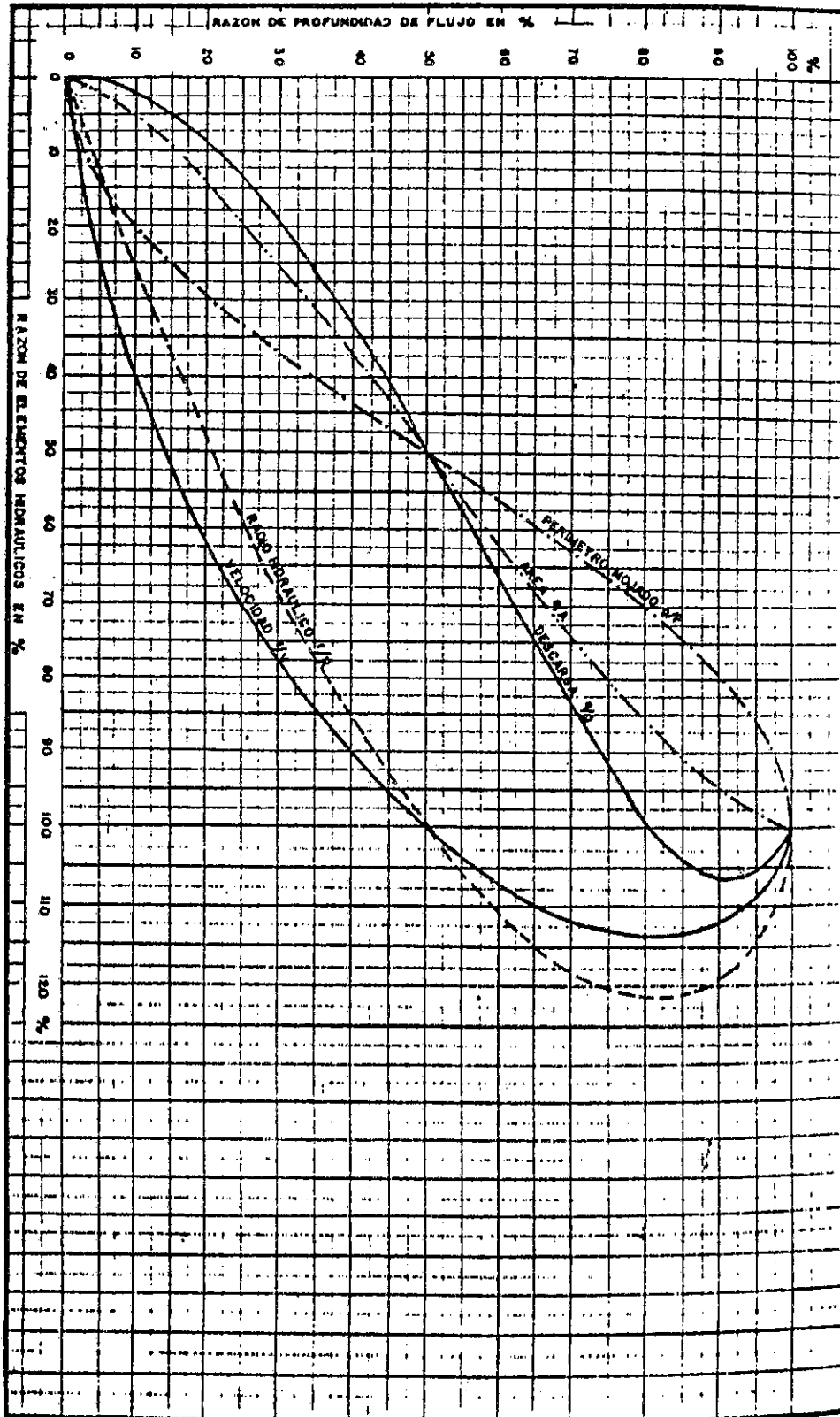
Metro	0.25	0.5	0.75	1	1.6	2	2.6	3	5	6	7
(m)	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN
300	0.08	0.16	0.25	0.33	0.49	0.66	0.82	0.98	1.64	1.97	2.29
350	0.14	0.27	0.41	0.55	0.82	1.1	1.37	1.64	2.74	3.29	3.84
400	0.21	0.43	0.64	0.86	1.28	1.71	2.14	2.57	4.28	5.13	5.99
450	0.32	0.63	0.95	1.27	1.9	2.53	3.17	3.8	6.33	7.6	8.86
500	0.45	0.9	1.35	1.8	2.7	3.6	4.5	5.4	9	10.79	12.59
550	0.62	1.24	1.85	2.47	3.71	4.94	6.18	7.42	12.36	14.83	17.3
600	0.83	1.65	2.48	3.3	4.96	6.61	8.26	9.91	16.52	19.82	23.13
650	1.08	2.16	3.24	4.31	6.47	8.63	10.78	12.94	21.57	25.88	30.2
700	1.38	2.76	4.14	5.52	8.28	11.05	13.81	16.57	27.61	33.14	38.66
750	1.74	3.48	5.21	6.95	10.43	13.90	17.98	20.85	34.75	41.7	48.65
800	2.15	4.31	6.46	8.62	12.93	17.24	21.55	25.86	43.1	51.71	60.33
850	2.64	5.27	7.91	10.55	15.82	21.1	26.37	31.65	52.75	63.3	73.85
900	3.19	6.38	9.57	12.76	19.15	25.53	31.91	38.29	63.82	76.58	89.34
950	3.82	7.64	11.46	15.28	22.93	30.57	38.21	45.85	76.42	91.71	106.99
1000	4.53	9.07	13.6	18.13	27.2	36.27	45.34	54.4	90.67	108.81	126.94
1050	5.33	10.67	16	21.34	32.01	42.67	53.34	64.01	106.68	128.02	149.36
1100	6.23	12.46	18.69	24.92	37.37	49.83	62.29	74.75	124.58	149.5	174.41
1150	7.22	14.45	21.67	28.9	43.34	57.79	72.24	86.69	144.48	173.37	202.27
1200	8.32	16.65	24.97	33.3	49.95	66.6	83.25	99.9	166.5	199.8	233.1
1250	9.54	19.08	28.62	38.15	57.23	76.31	95.38	114.46	190.77	228.92	267.08
1300	10.87	21.74	32.61	43.48	65.22	86.97	108.71	130.45	217.41	260.9	304.38
1350	12.33	24.66	36.98	49.31	73.97	98.82	123.28	147.94	246.58	295.87	345.19
1400	13.92	27.83	41.75	55.67	83.5	111.34	139.17	167	278.34	334.01	389.67
1450	15.64	31.29	46.93	62.58	93.36	125.15	156.44	187.78	312.88	375.45	438.03
1500	17.52	35.03	52.55	70.06	106.09	140.12	176.16	210.19	350.01	420.97	490.49

- El área sombreada indica que las fuerzas ejercidas están por encima de la máxima fuerza posible que se puede conducir en las condiciones actuales permitidas.

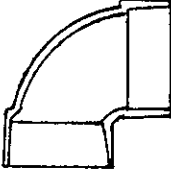
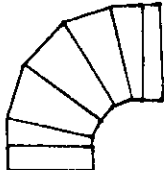
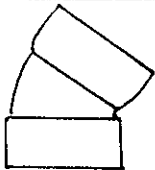
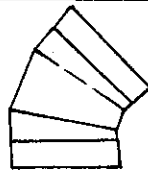
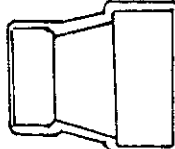
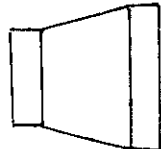
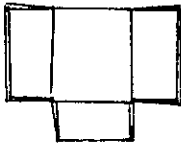
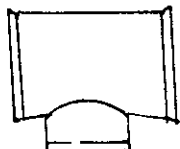
- KN = KiloNewton



GRAFICA DE RELACIONES HIDRAULICAS

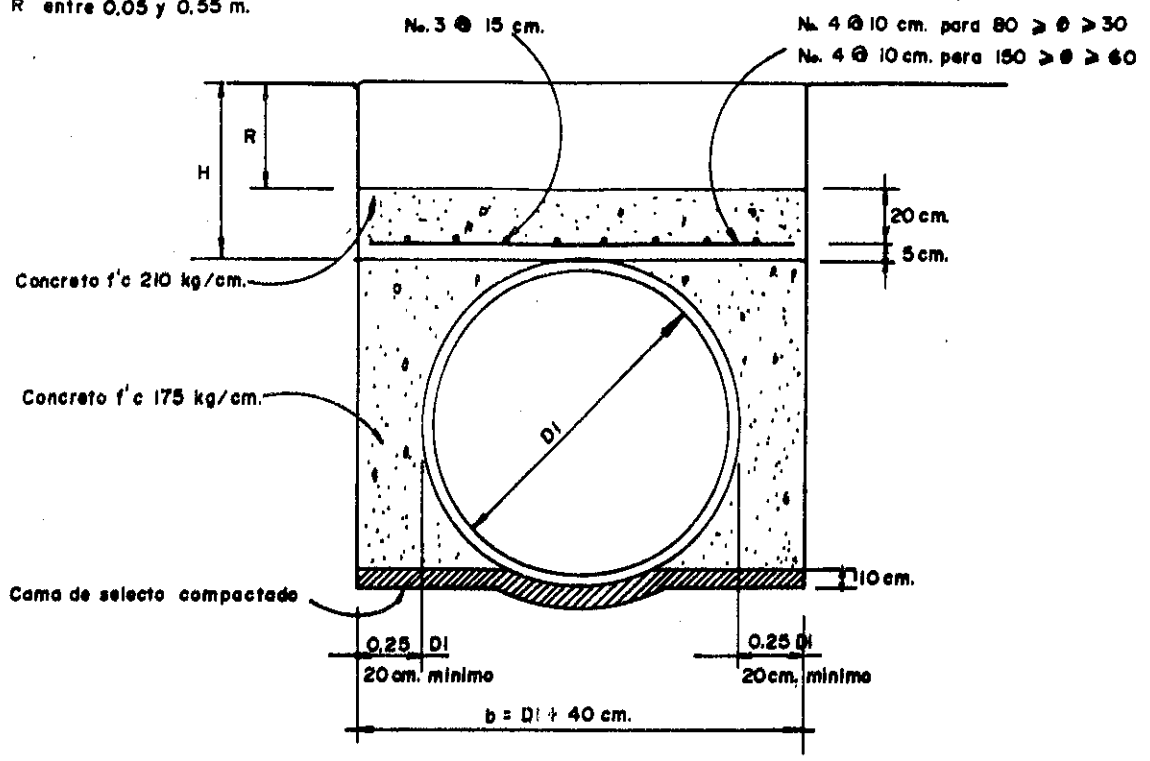


LISTA DE ACCESORIOS DE LA TUBERIA PERFILADA P.V.C.  
EN RELACION A OTRAS TUBERIAS

TIPO ACCESORIO	FABRICACION DE DIAMETROS ( $\phi$ )	F O R M A	
CODO 90°	1 - Otras tuberías (225 - 300) 2 - Tubería perfilada PVC (200 - 1000)	1 	2 
CODO 45°	3 - Otras tuberías (225 - 300) 4 - Tubería perfilada PVC (200 - 1000)	3 	4 
REDUCIDOR	5 - Otras tuberías (225 - 300) 6 - Tubería perfilada PVC (200 - 1000)	5 	6 
UNION T	7 - Otras tuberías (225 - 300) 8 - Tubería perfilada PVC (200 - 1000)	7 	8 

**A N E X O 2**  
**DETALLES TIPICOS**

Para "H" entre 0.50 y 0.80 m.  
 o sea "R" entre 0.05 y 0.55 m.



**NOTA:**

La losa llevará juntas de construcción c/6 m.

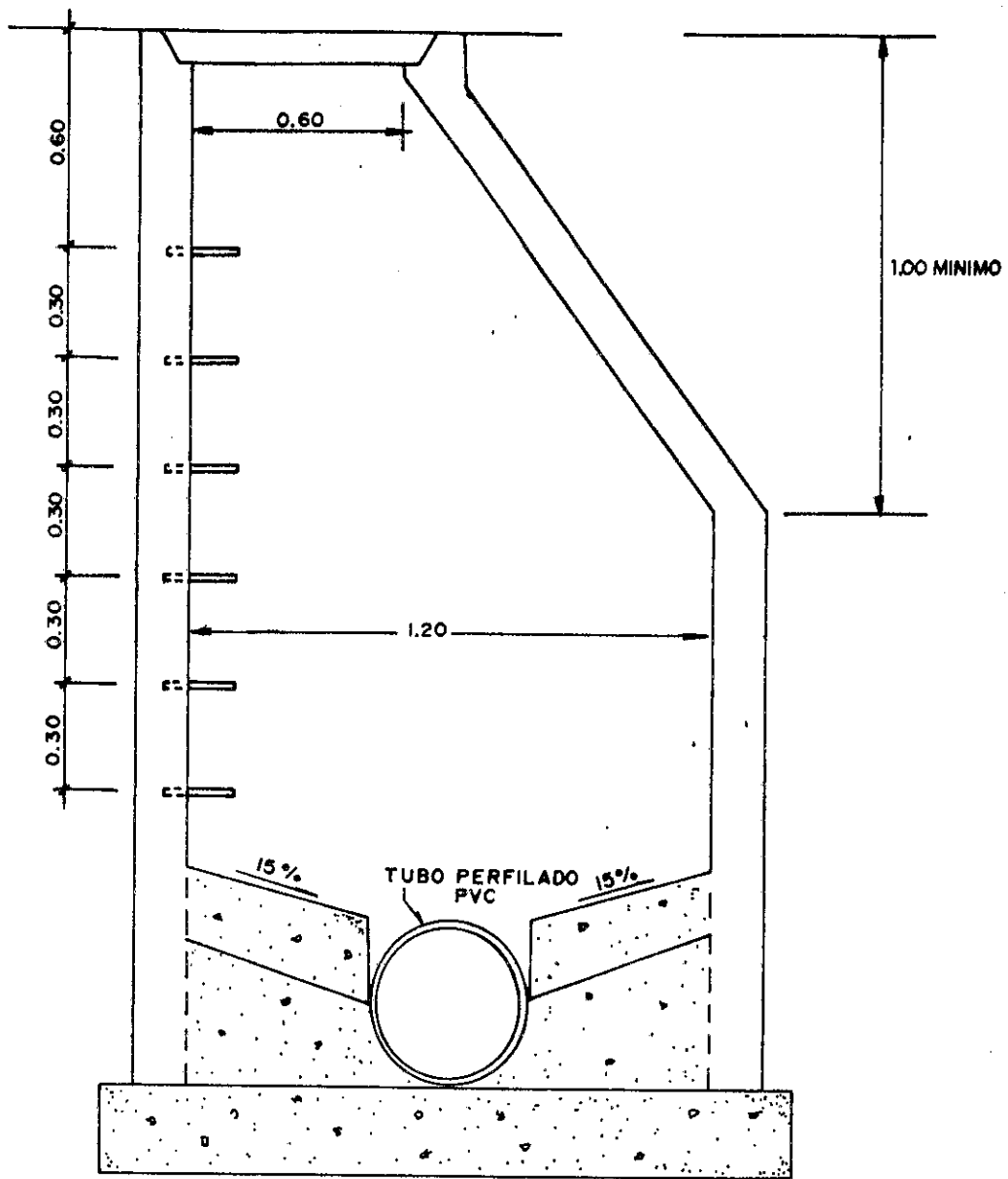
**TUBO PERFILADO PVC. CON LOSA DE  
 CONCRETO REFORZADO EN LA CORONA**

FECHA: ENERO '96

DIBUJO: CARLOS RODRIGUEZ

FIG. No. 1

ESTADO DE GUAYAMA, GUAYAMA, GUAYAMA, GUAYAMA  
 GUAYAMA, GUAYAMA, GUAYAMA, GUAYAMA

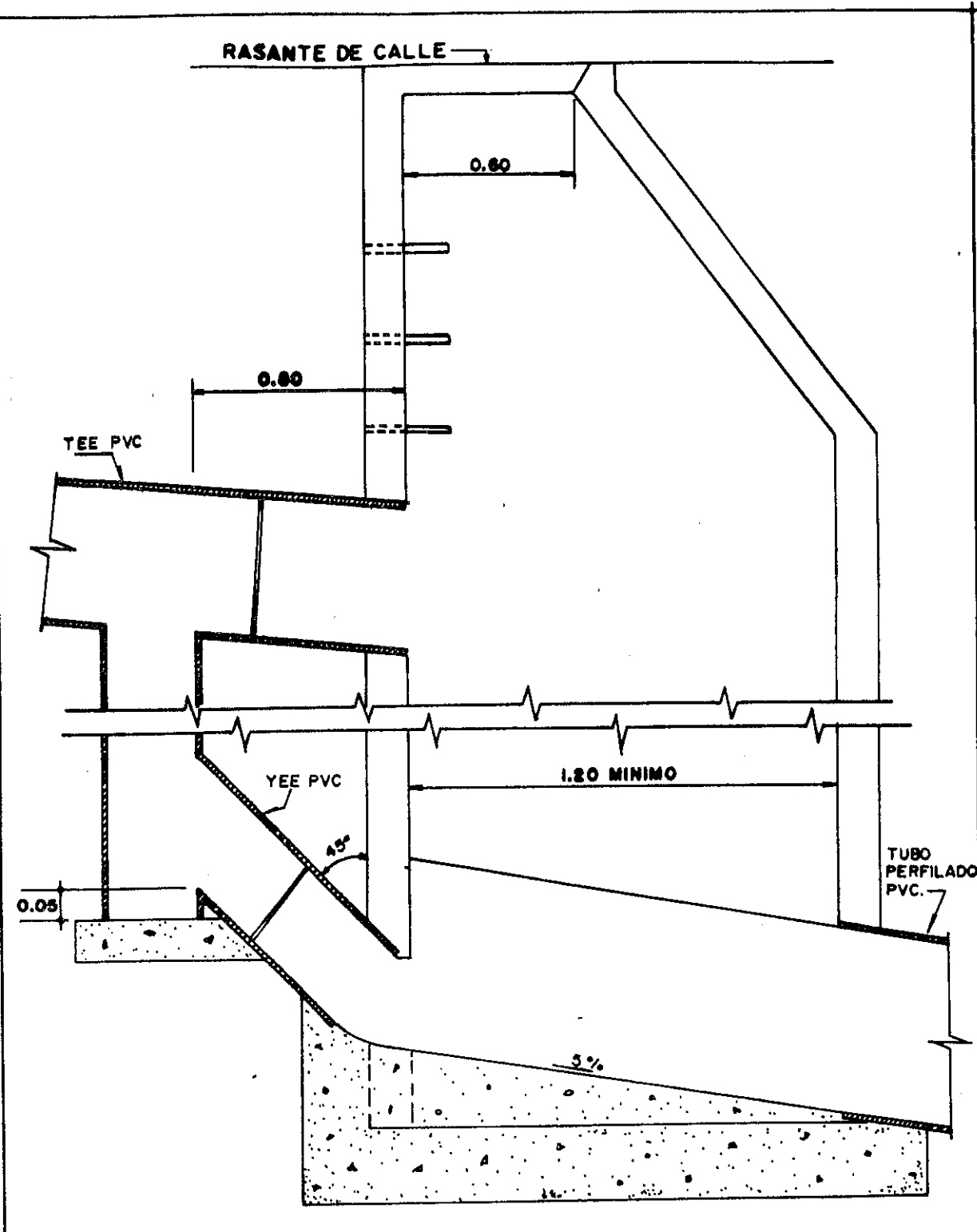


## POZO DE VISITA

FIG. No. 2

DIBUJO: CARLOS RODRIGUEZ

FECHA: FEBRERO -96

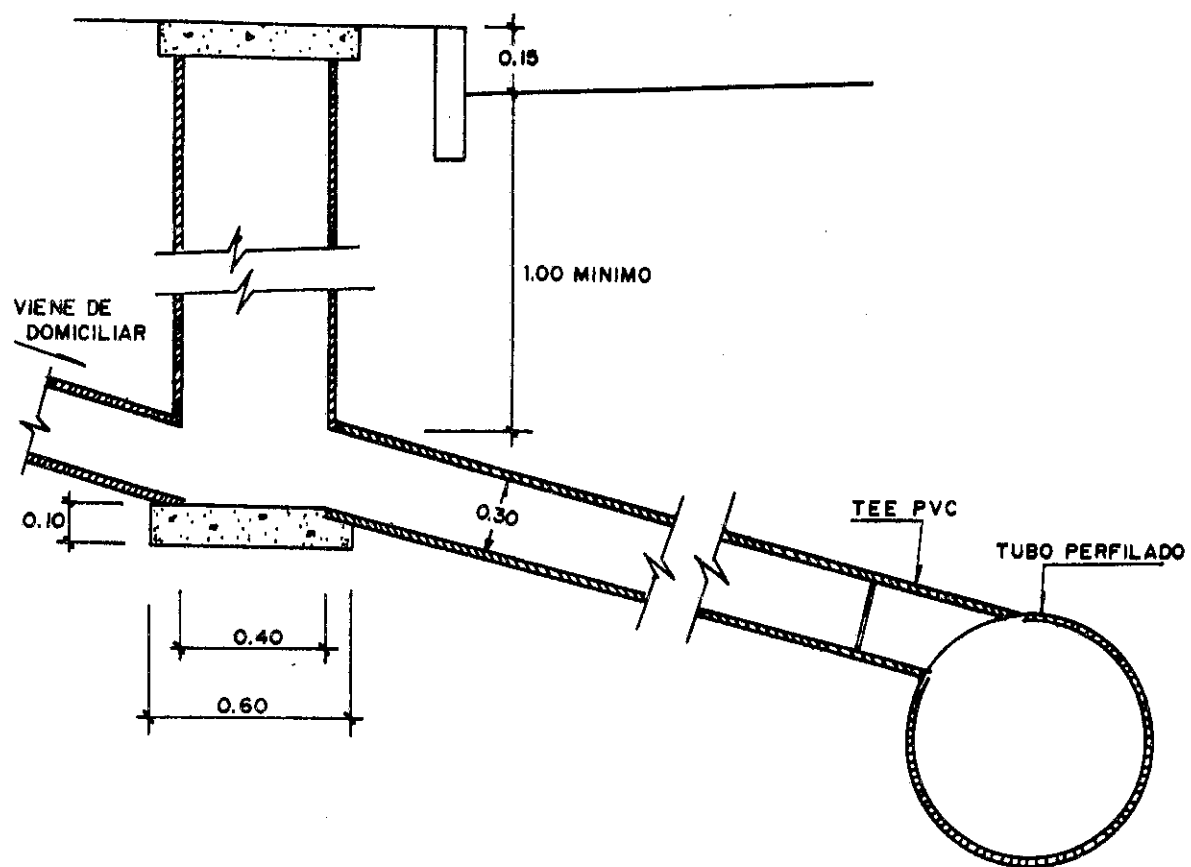


POZO DE VISITA  
CON CAIDA

FIG. No. 3

DIBUJO: CARLOS RODRIGUEZ

FECHA: FEBRERO -96

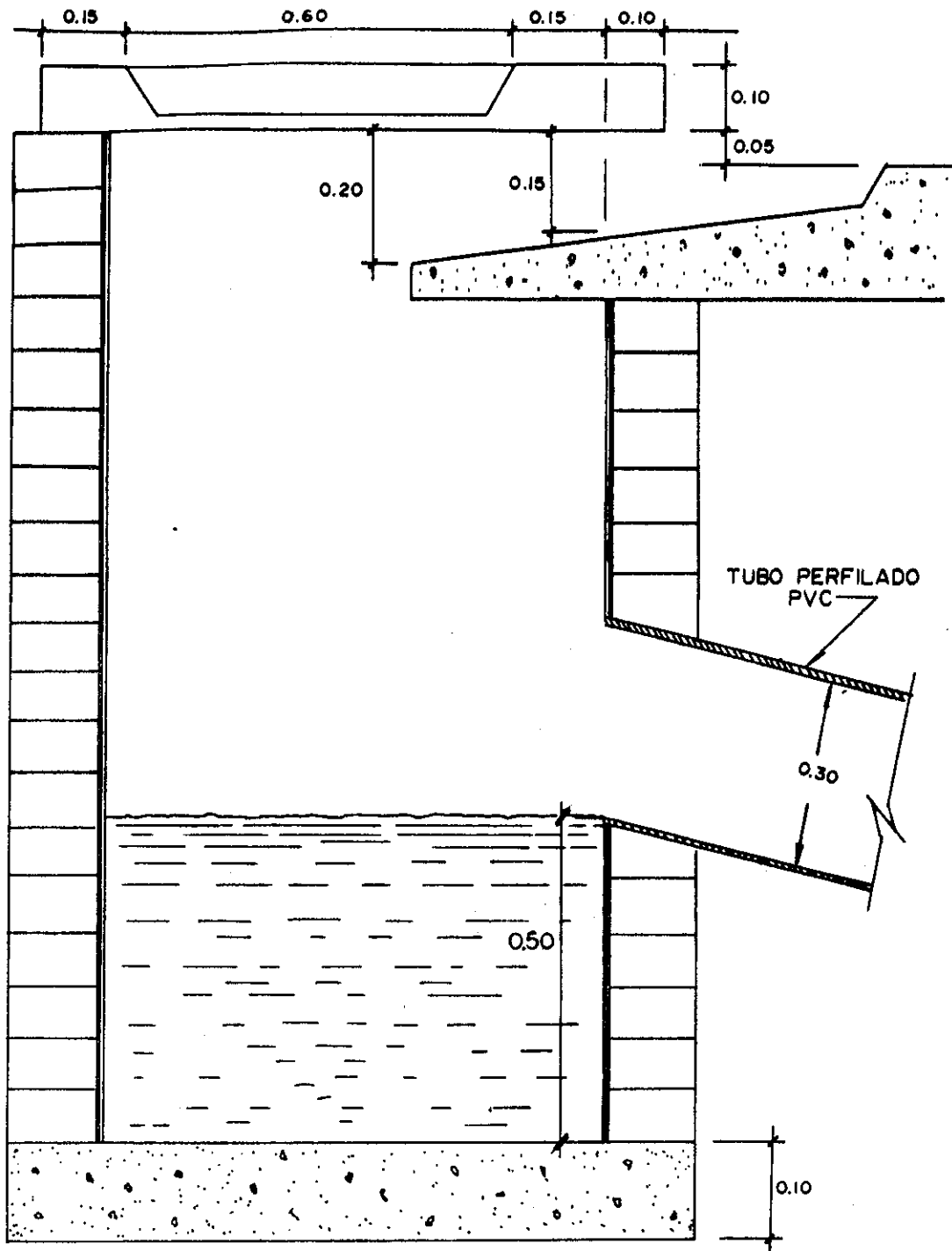


# CONEXION DOMICILIAR

FIG. 4

DIBUJO: CARLOS RODRIGUEZ

FECHA: FEBRERO -96



# TRAGANTE

(SISTEMA DE TORMENTA)

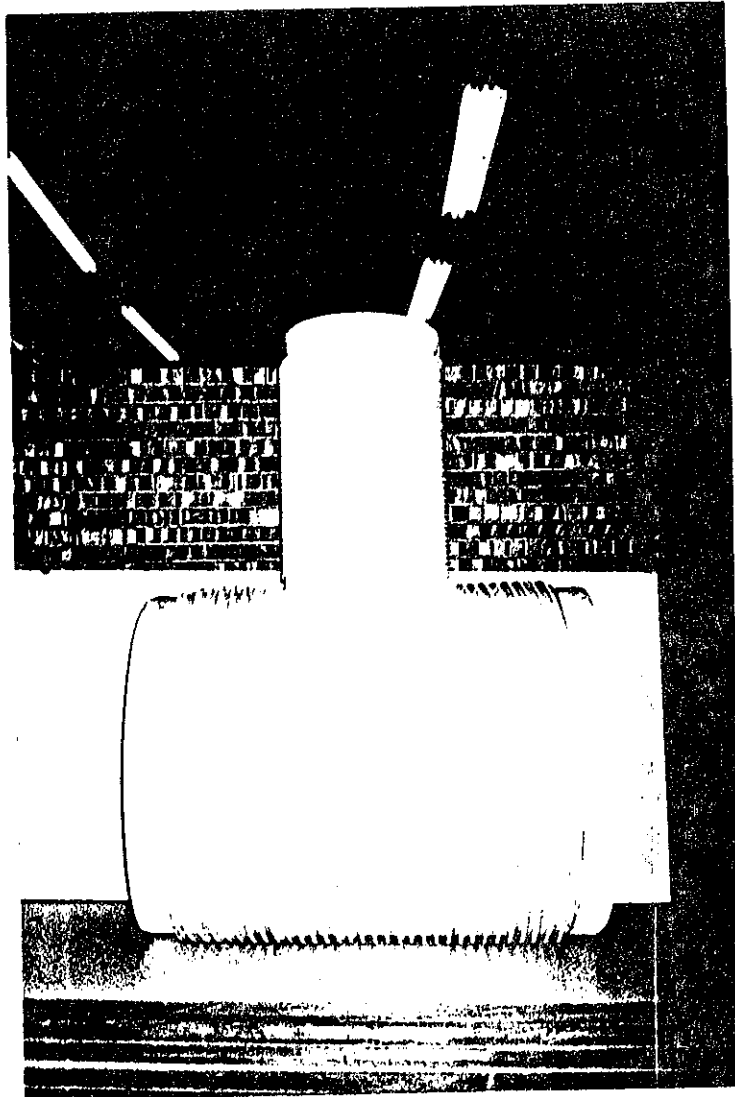
FIG. No 5

DIBUJO: CARLOS RODRIGUEZ

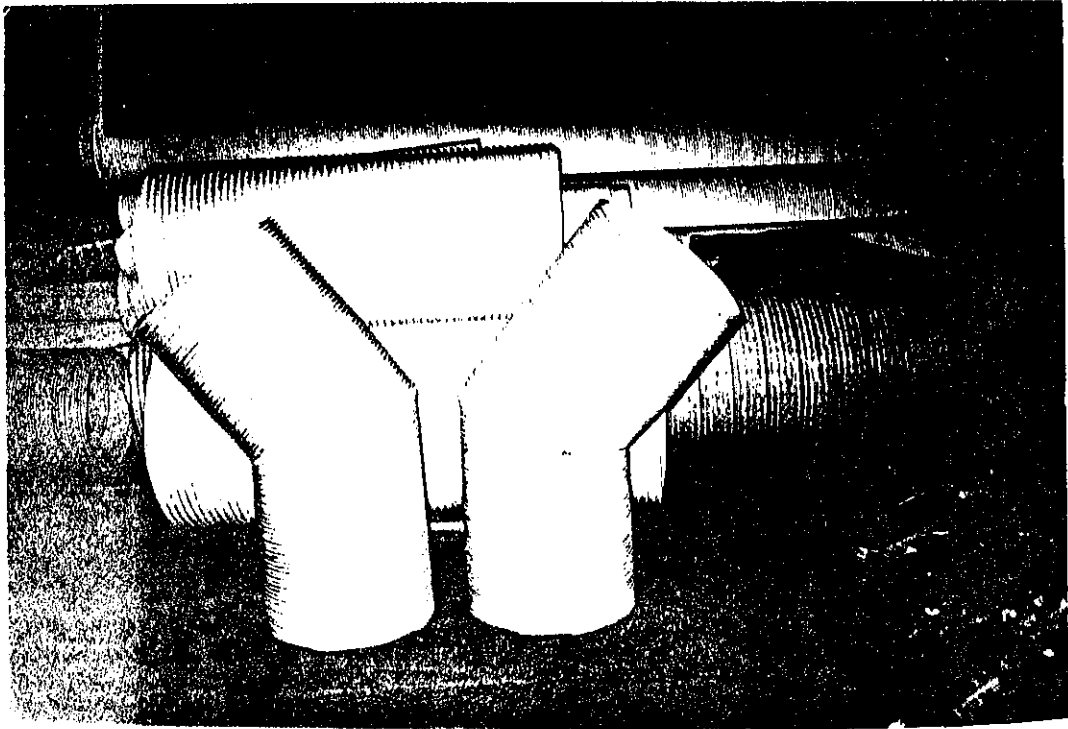
FECHA: FEBRERO -96



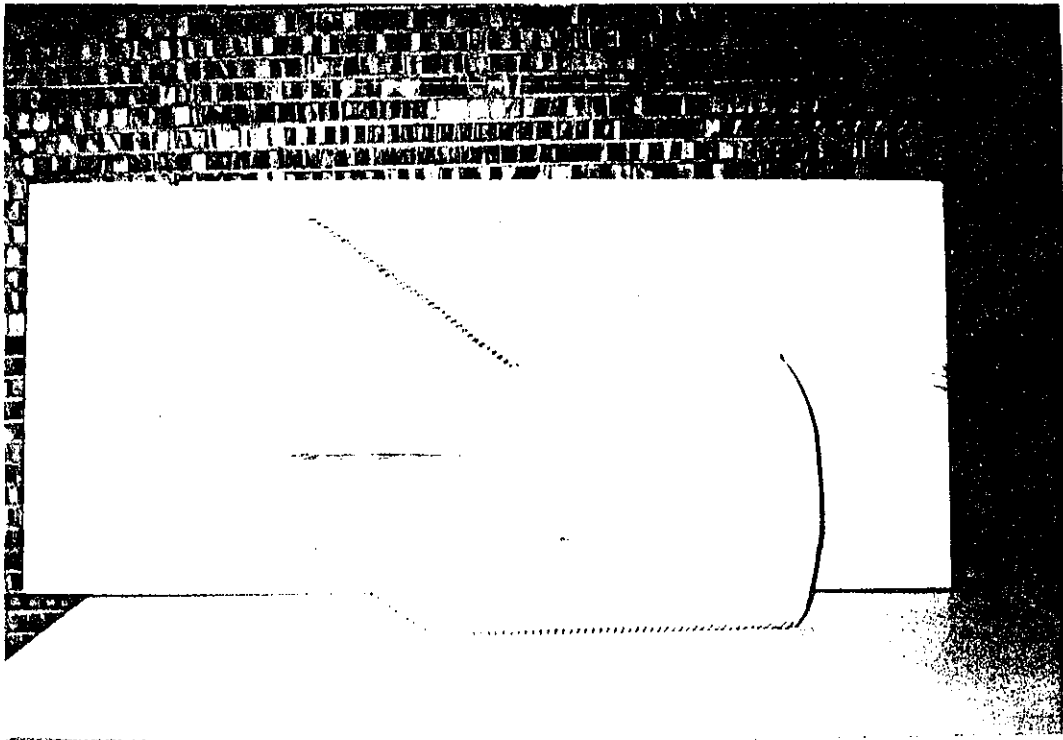
**A N E X O 3**  
**FOTOGRAFIAS**

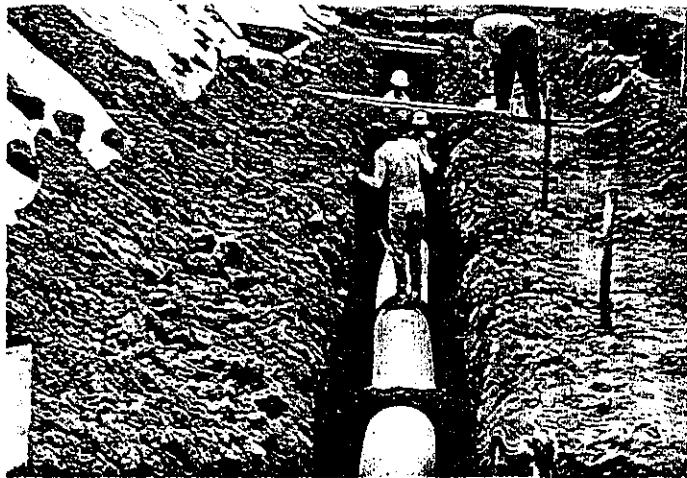


TER REDUCTORA

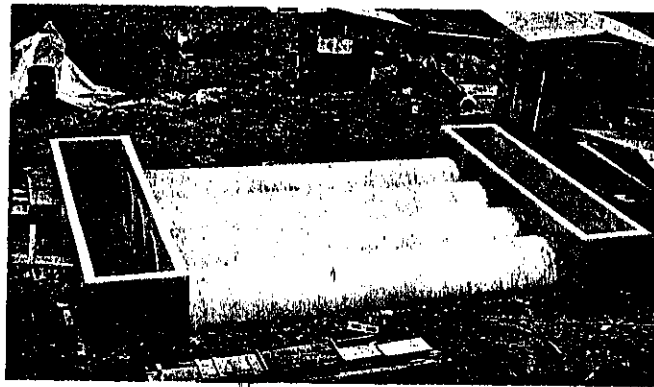


COLOS 45°

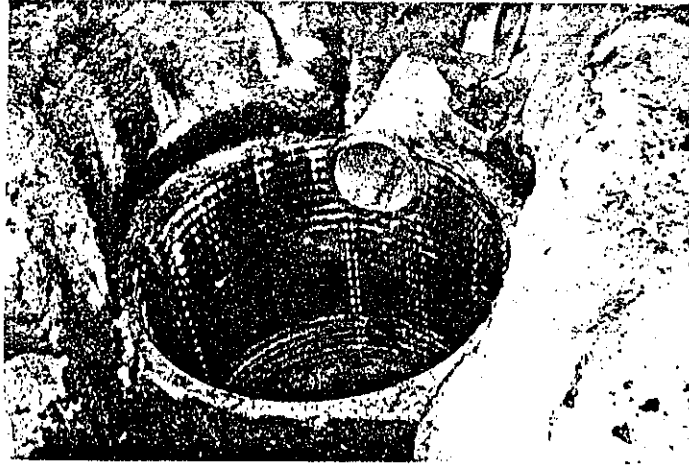




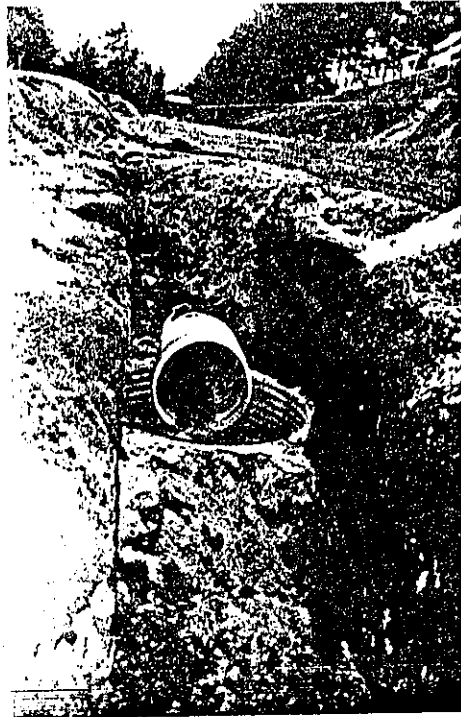
*DRENAJE PLUVIAL.*



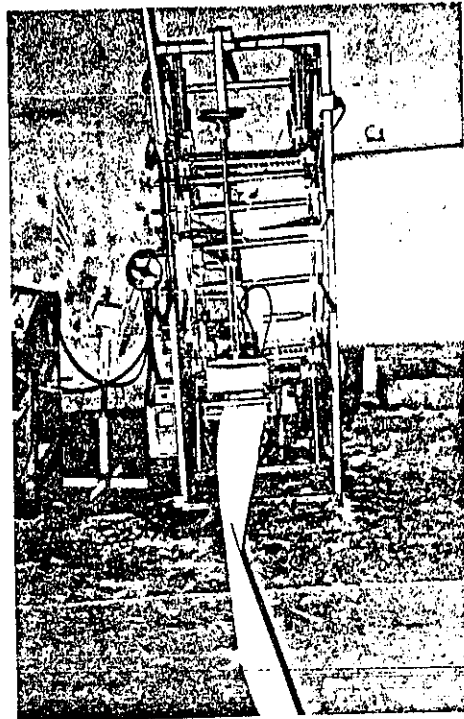
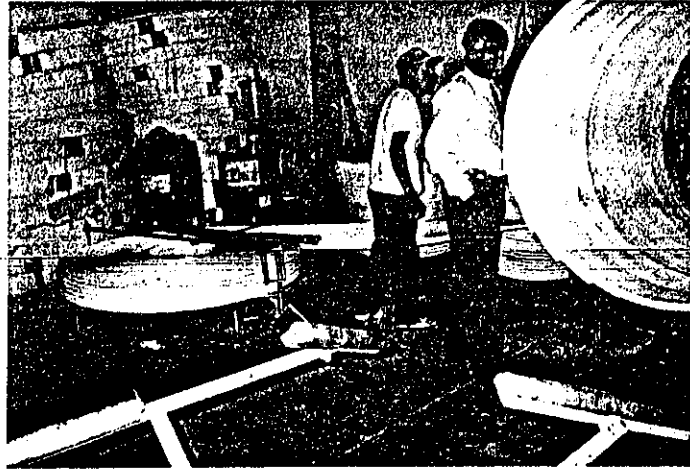
*TANQUE DE ALMACENAMIENTO*

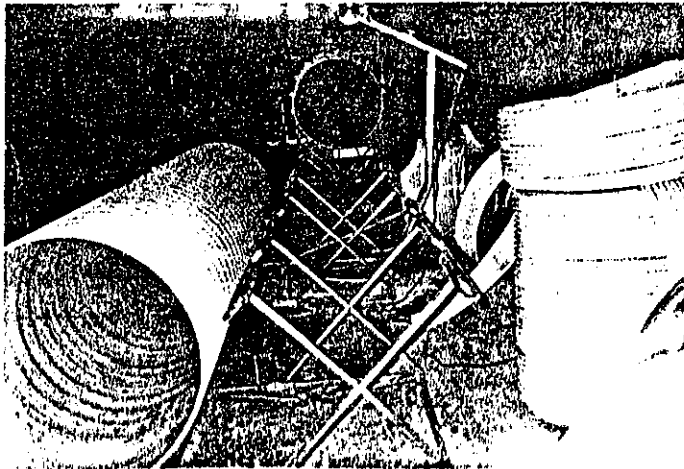
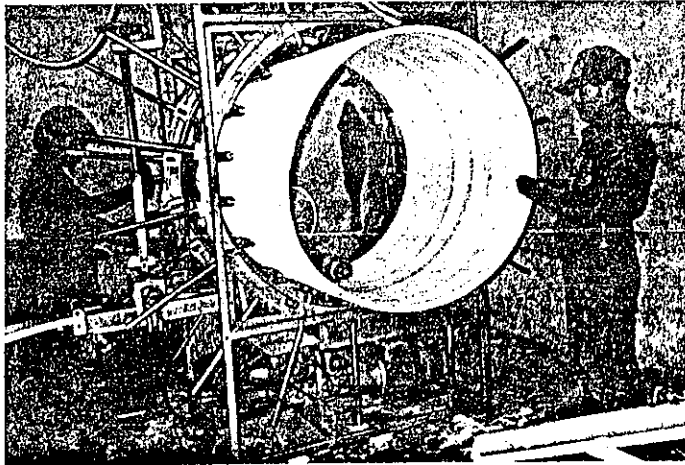


*REGISTROS*

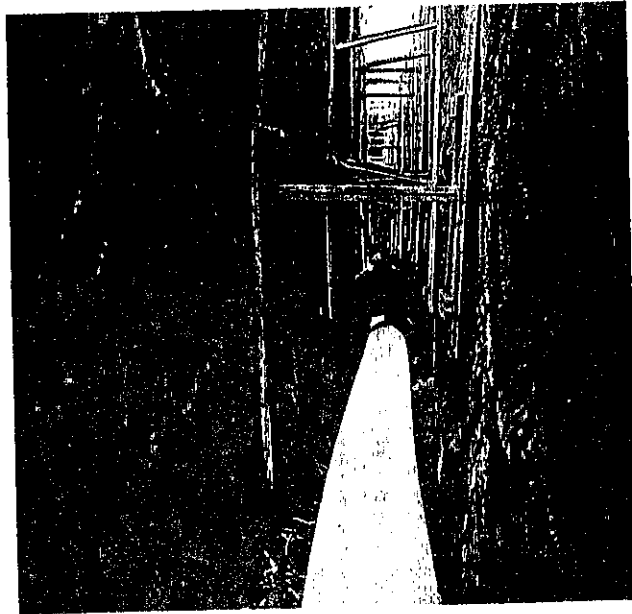


SECUENCIA DE PRODUCCION DEL  
TUBO PERFILADO P.V.C.





NOTA:  
PLANTA DURMAN ESQUIVEL,  
Cable Agua Tur Bateca,  
Ciudad de Guatemala

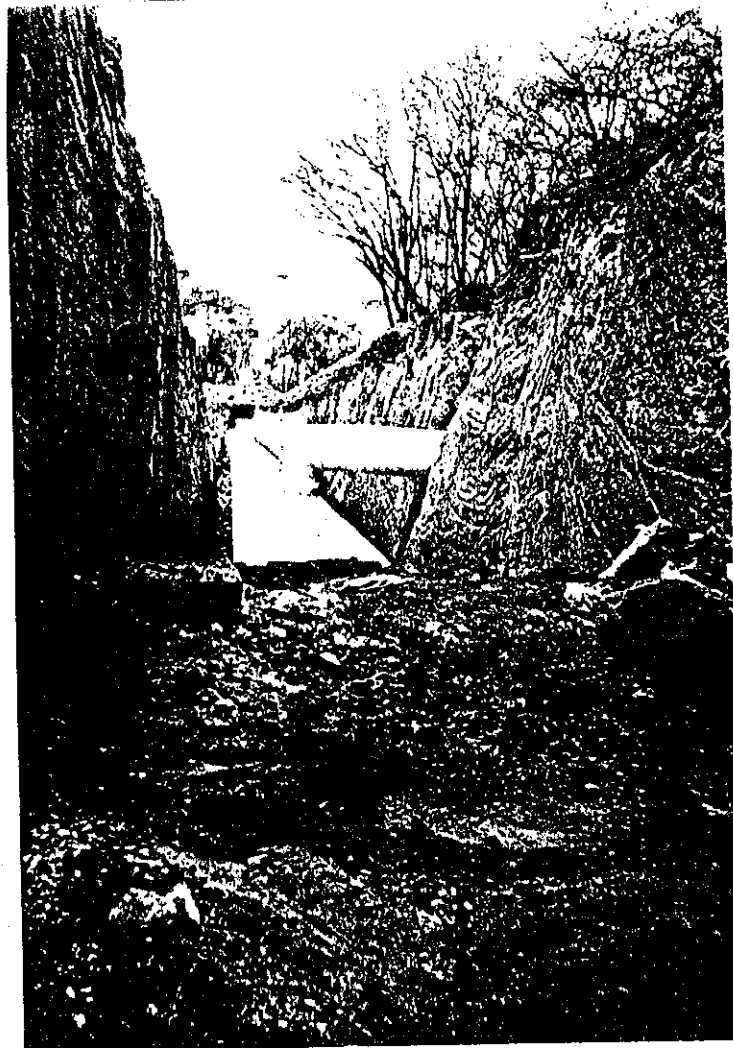


**ZANJA CON ENTIBADO**  
(Refuerzo o apuntalamiento con  
madera en paredes de la zanja)

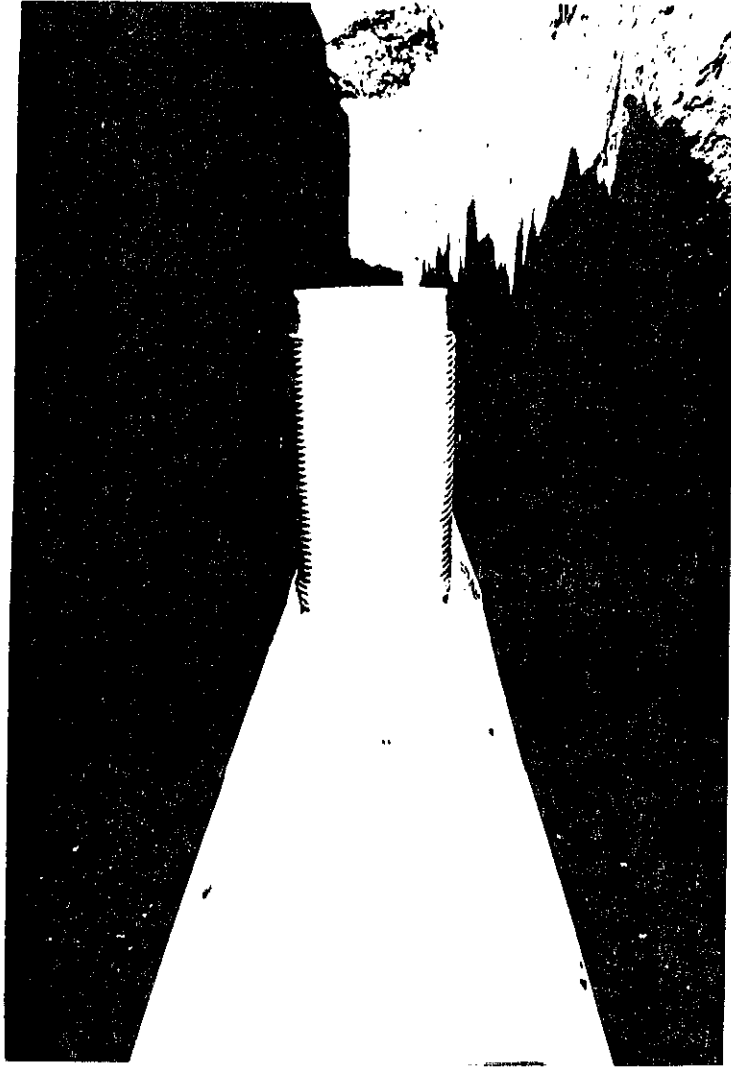


**FACIL MANIOBRA EN LA OBRA**

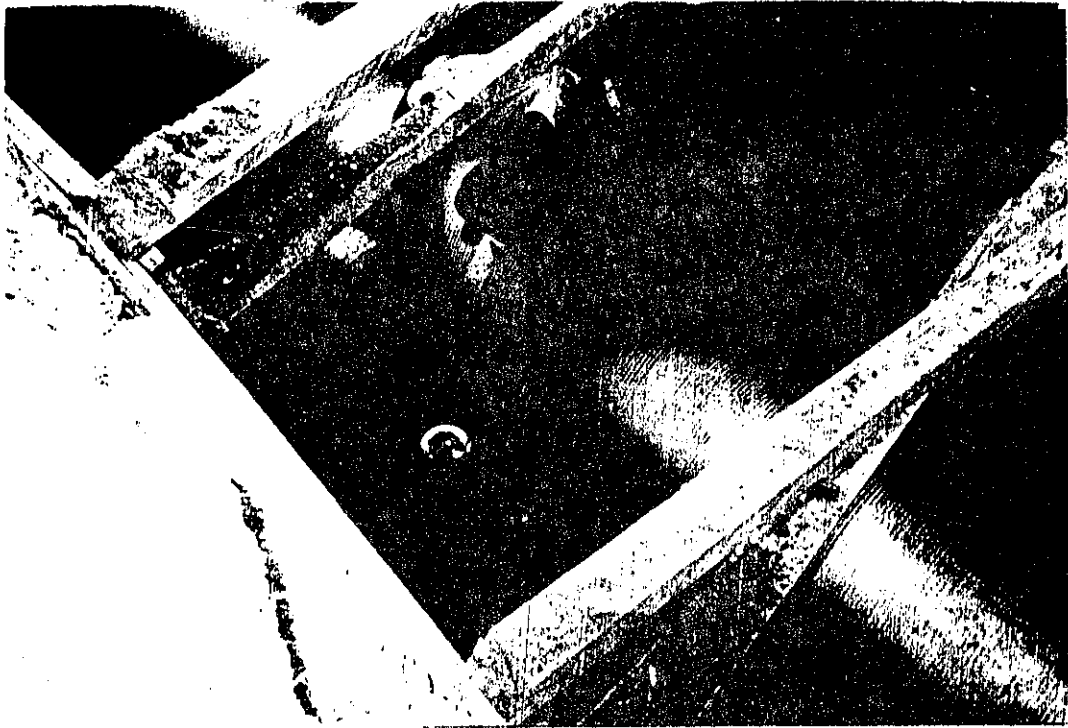




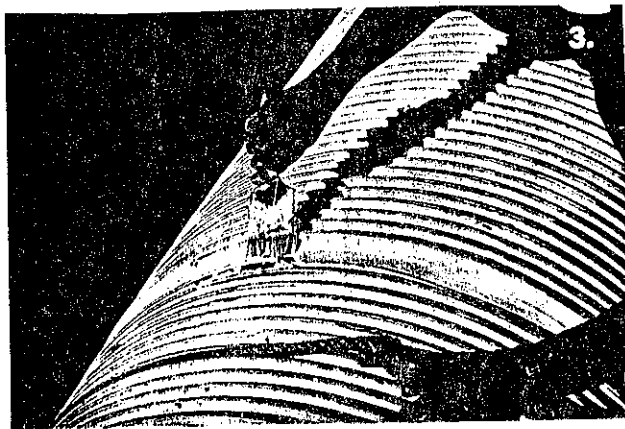
*INSTALACION DE  
TUBERIA PERFILADA P.V.C.  
SECUNDARIA A PRINCIPAL*



*INSTALACION DE TEE A  
TUBO PERFILADO P.V.C.*

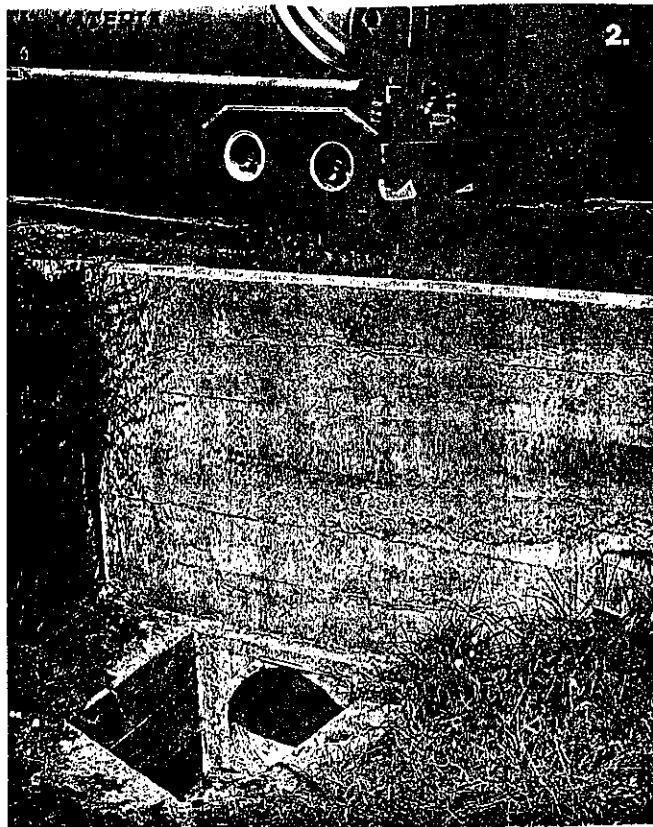


*UNTONES*





**PENETROMETRO**  
para control de calidad de  
compactación (mide resistencia  
del material en psi)



**INSTALACION DE TUBO PERFILADO PVC  
EN CARRETERA DE TRAFICO PESADO**

PROPIEDAD DE LOS SEÑORES DON CARLOS Y DOÑA MARIALBA  
Biblioteca Central

*A N E X O 4*  
*PLANOS*

**PASO A DESNIVEL  
OBELISCO ZONA 9  
(PROYECTO FINALIZADO)**

ENCARGADO DE PROYECTO		FECHA	ESCALA	INDICADA	EMERGENCIA	NOVA
UNIDAD DE ALCANTARILLADO		INDICADA	INDICADA	INDICADA	INDICADA	INDICADA
TOPOGRAFIA		INDICADA	INDICADA	INDICADA	INDICADA	INDICADA
DISEÑO Y CALCULO		INDICADA	INDICADA	INDICADA	INDICADA	INDICADA
CONSTRUCTOR D.L.		INDICADA	INDICADA	INDICADA	INDICADA	INDICADA
DIBUJO		INDICADA	INDICADA	INDICADA	INDICADA	INDICADA
REVISOR		INDICADA	INDICADA	INDICADA	INDICADA	INDICADA
FECHA RESPONSABLE		INDICADA	INDICADA	INDICADA	INDICADA	INDICADA
MODIFICACIONES		INDICADA	INDICADA	INDICADA	INDICADA	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

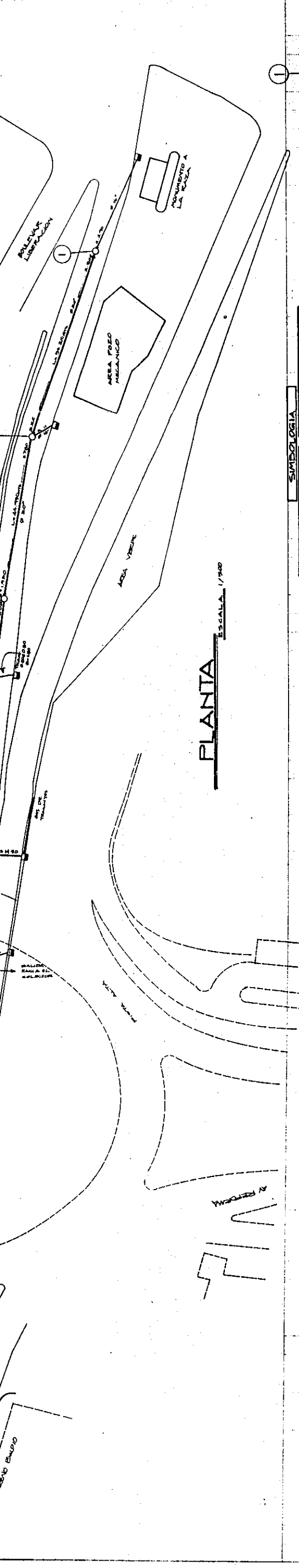
FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

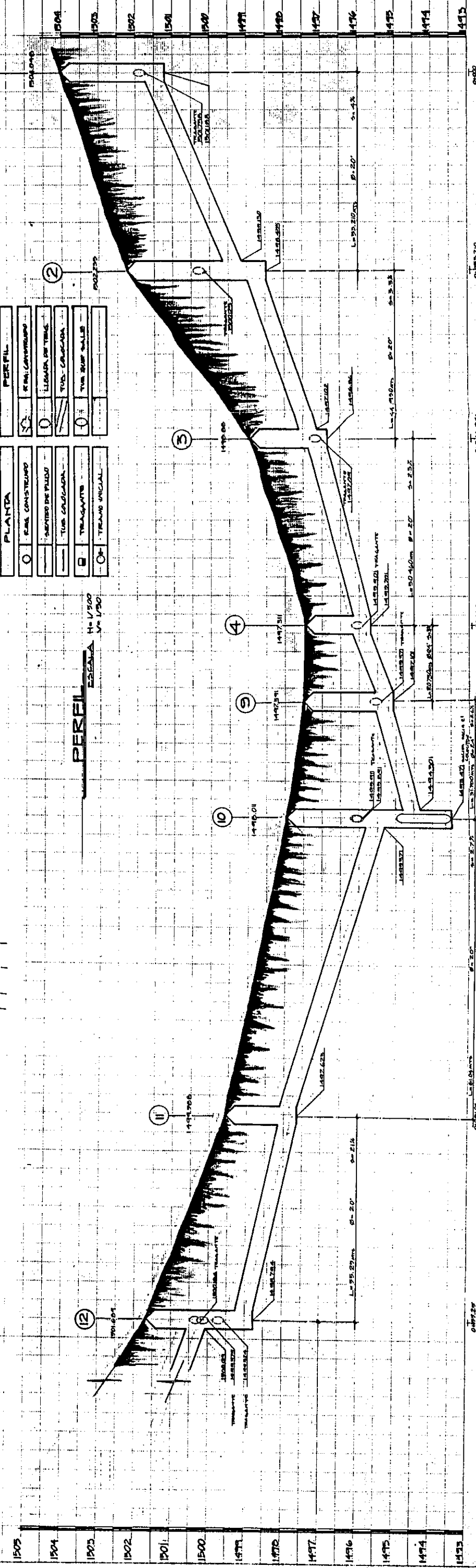
FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA

FECHA RESPONSABLE	INDICADA
MODIFICACIONES	INDICADA



**PLANTA**  
ESCALA 1/500



**PERFIL**  
ESCALA H=1/200  
V=1/500

SIMBOLOGIA	
PLANTA	PERFIL
○ RING CONCRETO	○ RING CONCRETO
○ ANILLO DE PLUJO	○ LIGERA DE TRILAS
○ TUB CALGADA	○ TUB CALGADA
○ TRAGANTE	○ TUB SUB SALLS
○ TRAMO UNICAL	○ TRAMO UNICAL

PLAN	NO. 1
FECHA	INDICADA
RESPONSABLE	INDICADA

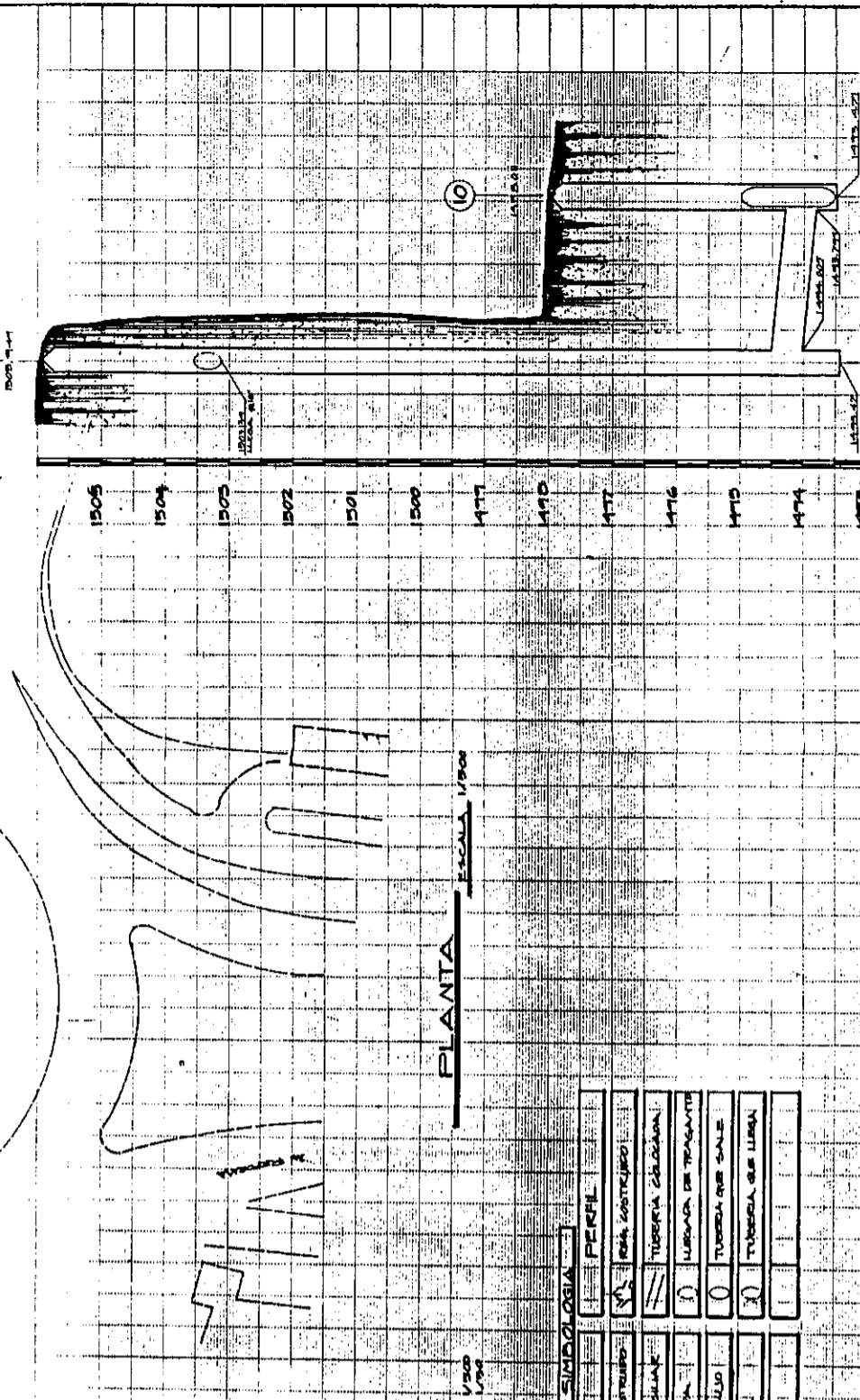
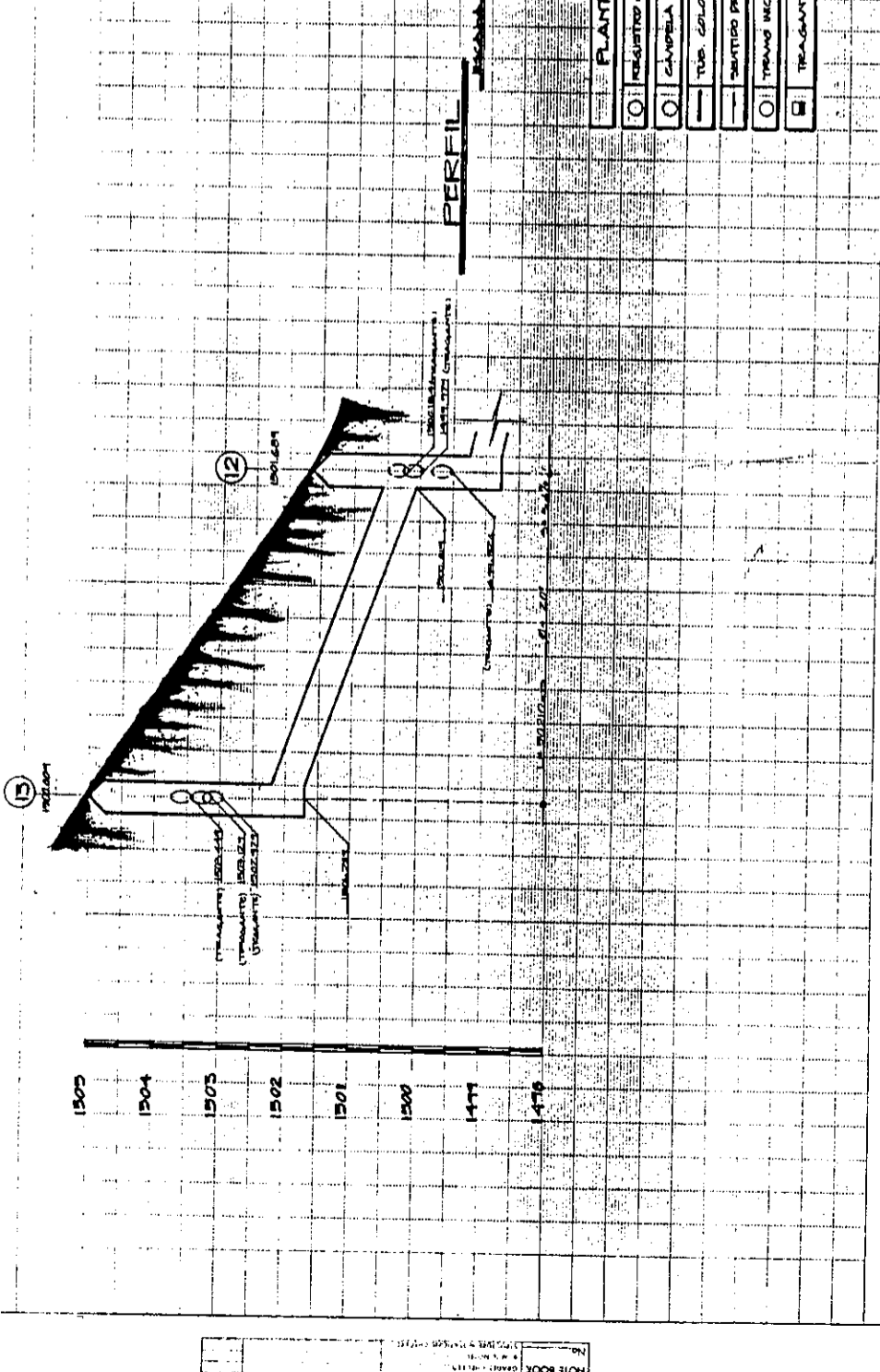
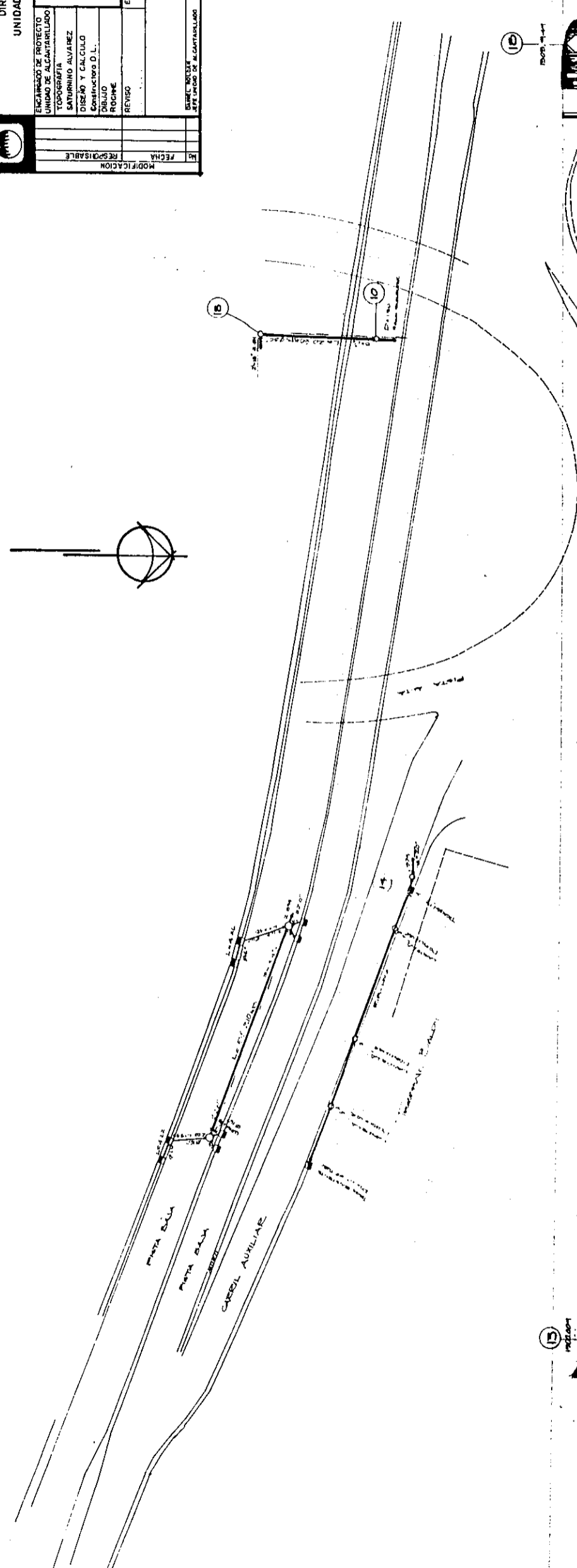
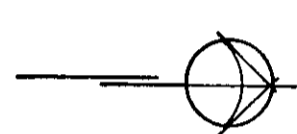
PERFIL	NO. 1
FECHA	INDICADA
RESPONSABLE	INDICADA



EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA Y ALCANTARILLADO  
DIRECCION DE OBRAS  
UNIDAD DE ALCANTARILLADO

ENCARGADO DE PROYECTO UNIDAD DE ALCANTARILLADO		ESCALA	FECHA	NOVA
TOPOGRAFIA SATURNINO ALVAREZ		INDICADA	ENERO/96	2 DE 3
DISEÑO Y CALCULO CONTINENTE D.L.				
DIBUJO ROCHE				
REVISOR				
MODIFICACION				
FECHA	RESPONSABLE			

PROYECTO DE ALCANTARILLADO  
PASO A DESNIVEL  
OBELISCO, ZONA 9  
(PROYECTO FINALIZADO)



NOTE BOOK  
DATE: 1996-01-11  
SCALE: 1:500  
PROJECT: PASO A DESNIVEL  
OBELISCO, ZONA 9

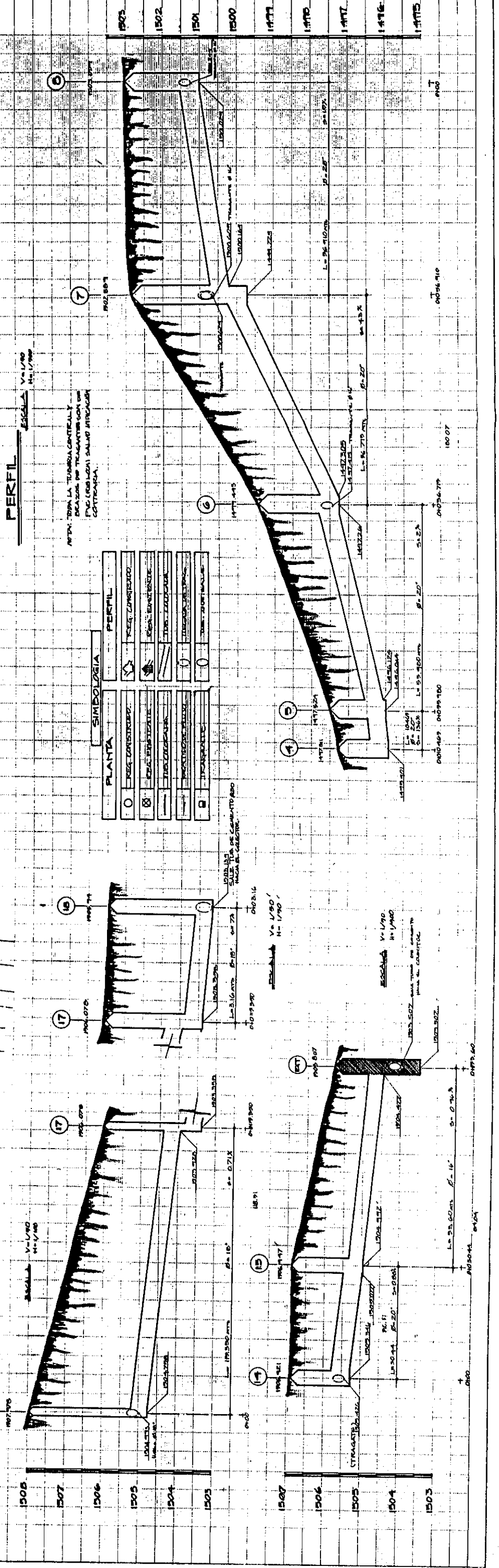
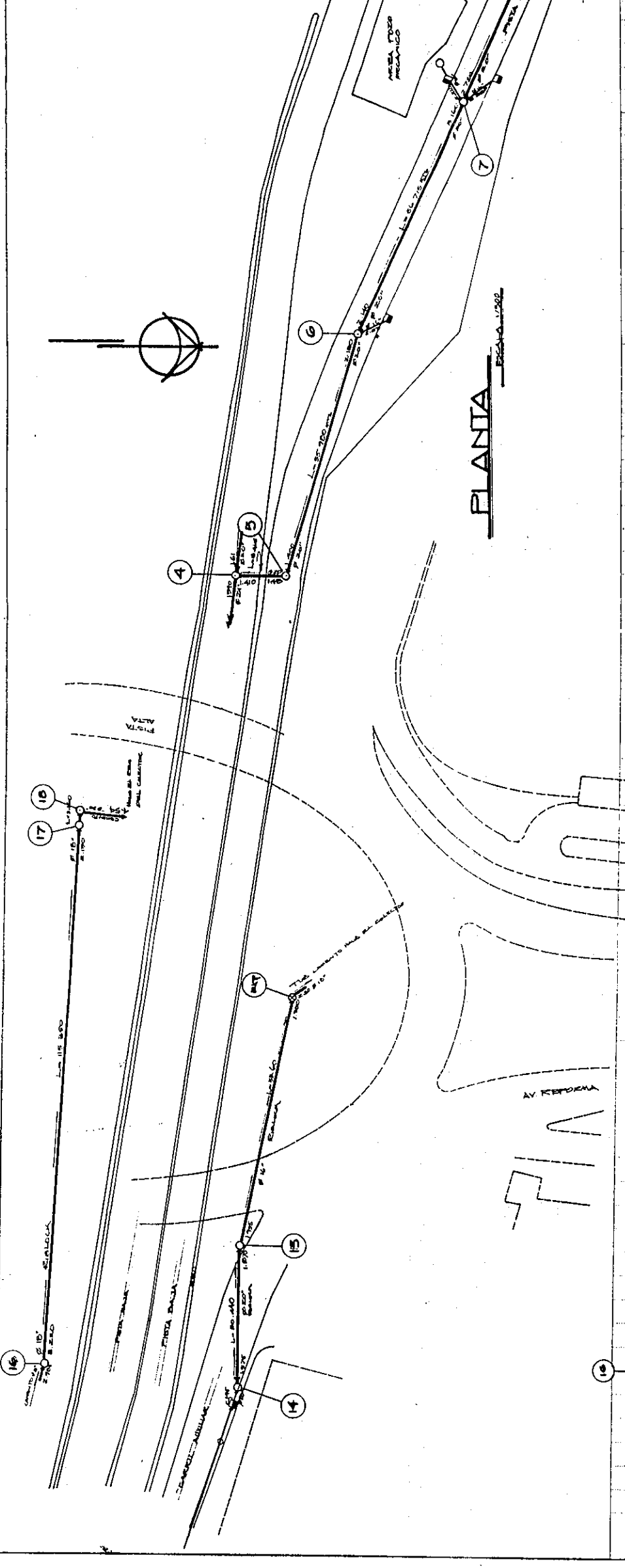
EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA Y ALCANTARILLADO  
DIRECCION DE OBRAS  
UNIDAD DE ALCANTARILLADO

**PASO A DESNIVEL  
OBELISCO ZONA 9  
(PROYECTO ACTUALIZADO)**

Encargado De Proyecto	Estado	Fecha	Hoja
Unidad De Alcantarillado	Indicada	Enero/96	2 De 3
Topografía			
Salvino Amegrez			
Diseño Y Cálculo			
Construcción D.L.			
Dibujo			
Roche			

NO. FECHA RESPONSABLE

REVISOR: J. M. VILLALBA  
DIRECCION DE OBRAS  
UNIDAD DE ALCANTARILLADO



PLANTA	SIMBOLOGIA	PERFIL
○	○	○
⊗	⊗	⊗
—	—	—
—	—	—
—	—	—
—	—	—

PLAN

NO. HOJA	2
FECHA	01/01/96
PROYECTO	PASO A DESNIVEL OBELISCO ZONA 9
UNIDAD	UNIDAD DE ALCANTARILLADO
ENCARGADO	J. M. VILLALBA
DISEÑO	Salvino Amegrez
DIBUJO	Roche

PERFIL

NO. HOJA	2
FECHA	01/01/96
PROYECTO	PASO A DESNIVEL OBELISCO ZONA 9
UNIDAD	UNIDAD DE ALCANTARILLADO
ENCARGADO	J. M. VILLALBA
DISEÑO	Salvino Amegrez
DIBUJO	Roche

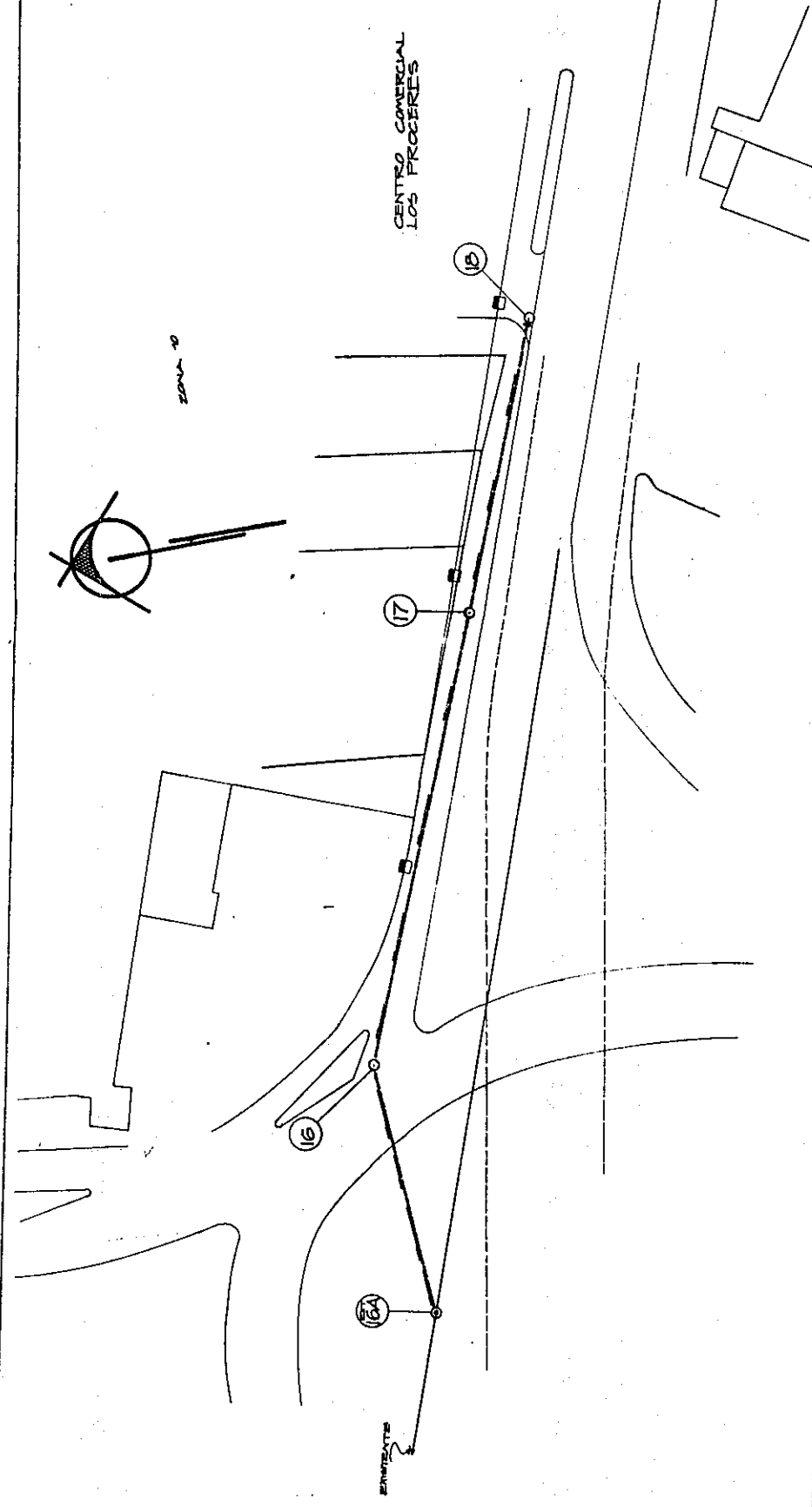


EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA Y ALCANTARILLADO  
DIRECCION DE OBRAS  
UNIDAD DE ALCANTARILLADO

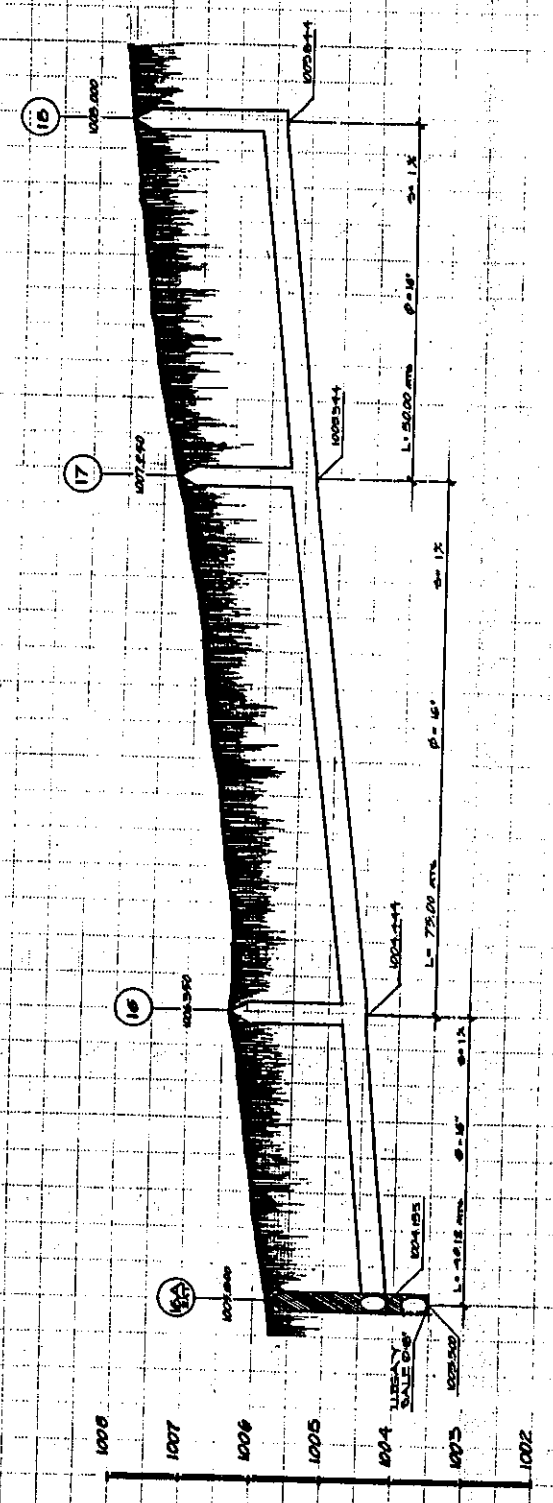
**PASO A DESNIVEL  
OBELISCO**

ENCARGADO DE PROYECTO	ENCARGADO DE OBRAS	FECHA	FECHA
TORRESMUN	ALONSO	15/05/79	15/05/79
DISEÑO	REVISOR	FECHA	FECHA
ALONSO	ALONSO	15/05/79	15/05/79
PROYECTO	FECHA	FECHA	FECHA
OBELISCO	15/05/79	15/05/79	15/05/79

NO. PLAN: 10000  
FECHA: 15/05/79



PLANTA  
ESCALA: 1/100



PLANTA	SIMBOLOGIA	PERFIL
RESISTENCIA EXISTENTE	○	RESISTENCIA EXISTENTE
TUBERIA A COLOCAR	—	TUBERIA A COLOCAR
TRAMO INCLINADO	○	TUBERIA QUE LLEVA
SECTOR DE FLUJO	—	TUBERIA QUE SALE
RESISTENCIA EXISTENTE	○	RESISTENCIA EXISTENTE

PERFIL  
ESCALA:  
V: 1/100  
H: 1/100

PLAN

NO.	FECHA	MODIFICACIONES

PERFIL

NO.	FECHA	MODIFICACIONES