



UNIVERSIDAD VILLA RICA

ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

“MANUAL DE ALCANTARILLADO SANITARIO CON
APLICACIÓN DE *CivilCAD* PARA CÁLCULO Y
DISEÑO DE REDES USANDO TUBERÍA PVC”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

OSCAR GUSTAVO PÉREZ RAMÍREZ

DIRECTOR DE TESIS:

ING. PEDRO AVELARDO BOLIVAR HERNANDEZ
MORANTE

REVISOR DE TESIS:

ING. JUAN SISQUELLA

BOCA DEL RÍO, VER.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

| | Página |
|---|-----------|
| ANTECEDENTES..... | 3 |
| INTRODUCCIÓN..... | 5 |
| METODOLOGÍA..... | 8 |
| | |
| 1. QUE ES UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y COMO FUNCIONA..... | 13 |
| | |
| 2. FUNCIÓN PRINCIPAL Y BENEFICIOS QUE APORTA UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO..... | 17 |
| | |
| 3. NECESIDAD DE CREAR UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO..... | 19 |
| | |
| 4. DATOS BÁSICOS PARA DESARROLLAR UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO..... | 21 |
| | |
| Aportación de aguas residuales..... | 22 |

| | |
|--|-----------|
| Dotación..... | 23 |
| Población..... | 26 |
| Población actual..... | 26 |
| Población de proyecto..... | 27 |
| Periodos de diseño..... | 28 |
| Vida útil..... | 29 |
| | |
| 5. DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y SU FUNCIÓN..... | 30 |
| | |
| Tuberías..... | 30 |
| Tuberías de poli (cloruro de vinilo) (PVC)..... | 31 |
| Piezas especiales para tubería PVC..... | 37 |
| Obras accesorias..... | 41 |
| Descarga domiciliaria..... | 41 |
| Red de Atarjeas..... | 44 |
| 5.2.2.1 Modelos de configuración de atarjeas..... | 45 |
| a) Trazo en bayoneta..... | 46 |
| b) Trazo en peine..... | 47 |
| c) Trazo combinado..... | 49 |
| Subcolector..... | 50 |
| Colectores e interceptores..... | 51 |
| Emisor..... | 52 |
| Emisores a gravedad..... | 53 |

| | |
|---|----|
| Emisores a presión..... | 54 |
| Pozos de visita..... | 55 |
| Clasificación de pozos de visita..... | 56 |
| Pozos de visita construidos en el lugar..... | 57 |
| a) Pozos comunes..... | 57 |
| b) Pozos especiales..... | 58 |
| c) Pozos caja..... | 59 |
| d) Pozos caja de unión..... | 61 |
| e) Pozos caja de deflexión..... | 62 |
| f) Pozos con caída adosada..... | 62 |
| Pozos prefabricados..... | 63 |
| a) Pozos de fibrocemento tipo integral..... | 63 |
| b) Pozos de concreto..... | 66 |
| Otros tipos de pozos..... | 68 |
| Aspectos hidráulicos a considerar en la construcción de los pozos de visita..... | 68 |
| a) Separación entre pozos de visita..... | 68 |
| b) Cambios de dirección..... | 69 |
| Estructuras de caída..... | 70 |
| a) Caídas libres..... | 71 |
| b) Caídas adosadas..... | 71 |
| c) Pozos con caída..... | 72 |
| d) Caída escalonada..... | 72 |
| Estructura de descarga..... | 73 |

| | |
|---|-----------|
| Sifones invertidos..... | 76 |
| Cruces elevados..... | 77 |
| Planta de tratamiento..... | 78 |
| Estaciones de bombeo..... | 79 |
| | |
| 6. DISEÑO HIDRÁULICO..... | 81 |
| | |
| Gastos de diseño..... | 81 |
| Gasto medio..... | 81 |
| Gasto mínimo..... | 83 |
| Gasto máximo instantáneo..... | 84 |
| Gasto máximo extraordinario..... | 86 |
| Variables hidráulicas..... | 87 |
| Velocidades permisibles..... | 87 |
| a) Velocidad mínima..... | 88 |
| b) Velocidad máxima..... | 88 |
| Pendientes permisibles..... | 89 |
| Diámetros..... | 92 |
| a) Diámetro mínimo..... | 92 |
| b) Diámetro máximo..... | 92 |
| | |
| 7. ZANJAS Y PLANTILLAS PARA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS..... | 93 |
| | |
| Zanjas..... | 93 |

| | |
|--|------------|
| a) Profundidad mínima..... | 96 |
| b) Profundidad máxima..... | 98 |
| Plantillas..... | 99 |
| Tipos de plantillas..... | 101 |
| a) Plantilla Clase “A”..... | 101 |
| b) Plantilla Clase “B”..... | 102 |
| 8. FÓRMULAS DE DISEÑO..... | 104 |
| Fórmula de Manning..... | 104 |
| 9. USO DE PROGRAMA INFORMÁTICO <i>CivilCAD</i> EN CÁLCULO DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO..... | 107 |
| Generalidades..... | 107 |
| Introducción al problema planteado..... | 109 |
| Detalles de dimensiones..... | 112 |
| Lotes..... | 112 |
| Manzanas..... | 113 |
| Calles y camellones..... | 115 |
| Zonas comerciales..... | 117 |
| Preparar el área de trabajo e impresión..... | 118 |
| Dibujar la red..... | 120 |
| Layers..... | 122 |

| | |
|---|-----|
| Reconocimiento de la red. | 124 |
| Pozos de visita..... | 128 |
| Numerar pozos..... | 128 |
| Editar número de pozo..... | 131 |
| Insertar pozo..... | 131 |
| Remover pozo..... | 132 |
| Localizar pozo..... | 132 |
| Indicar rasante de pozo..... | 133 |
| Indicar flujo..... | 134 |
| Indicar cabeza de atarjea..... | 137 |
| Indicar nombre de calles..... | 138 |
| Indicar unidades drenadas..... | 139 |
| Indicar área comercial y equipamiento urbano..... | 140 |
| Indicar Área tributaria..... | 141 |
| Generar tabla de cálculo..... | 142 |
| Cálculo de redes de alcantarillado..... | 143 |
| a) Datos generales..... | 143 |
| b) Distribución de población..... | 144 |
| c) Parámetros..... | 145 |
| Coeficientes y opciones..... | 147 |
| a) Coeficientes..... | 148 |
| b) Opciones..... | 148 |

| | |
|----------------------------------|------------|
| 10. TABLA DE CÁLCULO..... | 153 |
| CONCLUSIONES..... | 154 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 156 |
| ENLACES ELECTRÓNICOS..... | 158 |
| GLOSARIO..... | 159 |
| ANEXOS..... | 163 |

LISTA DE TABLAS

| | Página |
|---|--------|
| TABLA 1. Límites máximos permisibles de contaminantes. | 14 |
| TABLA 2. Tipo de vivienda de acuerdo a la clase socioeconómica. | 24 |
| TABLA 3. Dotación de agua potable por clase socioeconómica De acuerdo al clima de la zona. | 25 |
| TABLA 4. Dotación de agua potable por tipo de usuario. | 25 |
| TABLA 5. Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado serie inglesa. | 35 |
| TABLA 6. Clasificación de tuberías de PVC para alcantarillado serie métrica. | 35 |
| TABLA 7. Clasificación de tuberías de PVC de pared estructurada longitudinalmente. | 36 |
| TABLA 8. Características de los pozos de visita de fibrocemento. | 65 |
| TABLA 9. Estructuras de caída. | 73 |
| TABLA 10. Velocidades permisibles en los diferentes tipos de materiales para tubería. | 89 |
| TABLA 11. Pendientes permisibles para los diferentes tipos de tubería PVC. | 91 |
| TABLA 12. Profundidad mínima de acuerdo al diámetro nominal. | 97 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| TABLA 13. | Colchones mínimos recomendados para tubería PVC. | 97 |
| TABLA 14. | Dimensiones de zanjas y espesor de plantilla para instalación de tubería de alcantarillado y agua potable. | 103 |
| TABLA 15. | Coefficientes de fricción para diversos tipos de tubería. | 105 |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|--|--------|
| FIGURA 1. Tubería de PVC. | 32 |
| FIGURA 2. Tubería de PVC con pared estructurada. | 33 |
| FIGURA 3. Piezas especiales para tubería PVC. | 38 |
| FIGURA 4. Descarga domiciliaria con tubería PVC. | 42 |
| FIGURA 5. Trazo en bayoneta. | 46 |
| FIGURA 6. Trazo en peine. | 48 |
| FIGURA 7. Trazo combinado. | 50 |
| FIGURA 8. Conductos que forman la red de alcantarillado. | 52 |
| FIGURA 9. Conexión hermética entre pozo de visita y tubería. | 56 |
| FIGURA 10. Pozo de visita de Fibrocemento. | 64 |
| FIGURA 11. Pozo de visita de concreto prefabricado. | 67 |
| FIGURA 12. Sifón Invertido. | 78 |
| FIGURA 13. Plantilla y relleno de zanja. | 101 |
| FIGURA 14. Colonia del Mar. | 111 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 15. Lotes tipo 1. | 112 |
| FIGURA 16. Lotes tipo 2. | 113 |
| FIGURA 17. Manzana tipo 1. | 114 |
| FIGURA 18. Manzana tipo 2. | 115 |
| FIGURA 19. Camellón tipo 1. | 116 |
| FIGURA 20. Camellón tipo 2. | 116 |
| FIGURA 21. Área comercial tipo 1. | 117 |
| FIGURA 22. Área comercial tipo 2. | 118 |
| FIGURA 23. Preparar hoja de trabajo. | 120 |
| FIGURA 24. Trazado de la red de alcantarillado. | 122 |
| FIGURA 25. Recuadro “Layers”. | 123 |
| FIGURA 26. Recuadro para reconocimiento de la red. | 124 |
| FIGURA 27. Recuadro de tipos de línea. | 125 |
| FIGURA 28. Recuadro de gama de colores. | 126 |
| FIGURA 29. Red reconocida. | 127 |
| FIGURA 30. Pozo de visita inicial. | 129 |
| FIGURA 31. Pozos de visita numerados. | 130 |
| FIGURA 32. Sentido natural del flujo. | 135 |
| FIGURA 33. Flujo invertido. | 136 |
| FIGURA 34. Cabezas de atarjea indicadas. | 137 |
| FIGURA 35. Recuadro para generar tala de cálculo. | 143 |
| FIGURA 36. Recuadro de coeficientes y opciones. | 147 |

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1. Pozo común
- ANEXO 2. Pozo especial tipo 1 (E1).
- ANEXO 3. Pozo especial tipo 2 (E2).
- ANEXO 4. Pozo caja tipo 1 (C1).
- ANEXO 5. Pozo caja tipo 2 (C2).
- ANEXO 6. Pozo caja tipo 3 (C3).
- ANEXO 7. Pozo caja de unión tipo 1 (U1).
- ANEXO 8. Pozo caja de unión tipo 2 (U2).
- ANEXO 9. Pozo caja deflexión.
- ANEXO 10. Pozo con caída adosada
- ANEXO 11. Colonia del Mar.
- ANEXO 12. Preparar hoja.
- ANEXO 13. Trazado de la red.
- ANEXO 14. Circuito Reconocido.
- ANEXO 15. Pozos numerados.
- ANEXO 16. Indicar cabeza de atarjea.

ANEXO 17. Red calculada.

ANEXO 18. Tabla de cálculo.

ANEXO 19. Abreviaturas.

ANTECEDENTES

En el desarrollo de las localidades urbanas, sus servicios en general se inician con un precario abastecimiento de agua potable y van satisfaciendo sus necesidades con base en obras escalonadas en bien de su economía. Como consecuencia se presenta el problema del desalojo de las aguas servidas o aguas residuales. Se requiere así la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario para eliminar las aguas negras que produce una población, incluyendo el comercio y la industria.

Dentro de los sistemas de alcantarillado el PVC juega un papel importante. El PVC (Poli Cloruro de Vinilo) es un material de origen petroquímico, fue utilizado por primera vez en Alemania a fines de la década de los treinta para la fabricación de tubería. Desde su introducción en el mercado mexicano en 1965, se ha venido utilizando con magníficos resultados en instalaciones de edificios residenciales, hospitales y conjuntos habitacionales de interés social, etc. Esto significa que las

instalaciones han estado expuestas a una variedad de circunstancias y condiciones de funcionamiento; con esto queda demostrado el rendimiento satisfactorio de la tubería de PVC para estas aplicaciones.

Desde la fundación de *Autodesk Inc.* en 1982 por John Walker, siendo esta compañía en la actualidad la principal del mundo en cuanto a *software* y servicios para fabricación, infraestructuras y construcción, su principal producto es el *AutoCAD* el cual desde su primera versión comercial V.1 a principios de los ochenta hasta la versión 2008 presentada en el 2007 siendo esta la mas nueva en la actualidad, ha acaparado sin duda alguna el mercado de la construcción, estableciéndose como el principal software de diseño y cálculo.

Aunado al desarrollo tecnológico de *AutoCAD*, se crea *CivilCAD* por expertos en ingeniería civil e ingenieros topógrafos, con el fin de crear una herramienta de diseño y cálculo capaz de desarrollar redes de alcantarillado sanitario, de agua potable y trazo de carreteras.

INTRODUCCIÓN

El alcantarillado se define como la red de alcantarillas, generalmente tuberías enterradas, a través de las cuales se deben evacuar en forma rápida y segura las aguas residuales y pluviales conduciéndolas a cauces o plantas de tratamiento establecidas.

Los alcantarillados en la mayoría de los casos funcionan por gravedad aprovechando la pendiente propia del terreno, aunque en zonas muy planas se hace necesario el uso de sistemas de bombeo.

El destino final de las aguas servidas podrá ser, previo tratamiento, desde un cuerpo receptor hasta el reuso, dependiendo del tratamiento que se realice y de las condiciones particulares de la zona de estudio.

Actualmente el uso de la tubería se ha generalizado para conducir el agua de desecho. A través del tiempo se han usado distintos materiales en la fabricación de esta tubería como es la de cerámica (barro, barro vidriado), concreto, asbesto-cemento, fibrocemento y en las últimas décadas los materiales plásticos como Poli cloruro de Vinilo (PVC) y polietileno de alta densidad (PEAD).

En México los alcantarillados sanitarios usando tubería de PVC, han tenido aplicaciones satisfactorias. Están fabricados con cloruro de Polivinilo; sus iniciales en el idioma inglés quieren decir "*Poli-Vinil-Chloride*" y son las adoptadas internacionalmente para denominar este producto, se elaboran a partir de compuestos formulados usando la resina de cloruro de vinilo polimerizado, como materia prima básica. En Europa y Estados Unidos su uso es muy generalizado, ya que se aprovecharon las grandes ventajas que tiene este material tales como, resistencia química, hermeticidad, ligereza, impermeabilidad, pared interior lisa, larga vida útil, etc. Lo cual permite a iguales condiciones de pendiente y diámetro, transportar un mayor gasto que las tuberías sucedáneas y sus aplicaciones van desde las más sencillas instalaciones domiciliarias hasta las más complejas de tipo industrial: Redes de distribución de agua potable, conducciones de desechos, redes de gas natural y muchas otras más.

El desarrollo de la industria de la construcción va de la mano con el de la tecnología, es por eso que en la actualidad el uso de la computadora se ha vuelto

un recurso indispensable en el área de la construcción para las compañías que desean ser competitivas, disminuir tiempos y gastos, maximizar ganancias, resolver problemas con un alto nivel de precisión, presentar propuestas con una calidad de presentación muy buena, entre otras son algunas de las grandes ventajas que los programas informáticos o *softwares* nos ofrecen, es por eso que se ha vuelto una necesidad el uso de programas eficientes, confiables y prácticos.

Por todo lo anterior dicho *CivilCAD* es una muy buena opción en el diseño y cálculo de redes de alcantarillado sanitario. *CivilCAD* es un complemento del programa *AutoCAD*, el cual es muy utilizado por arquitectos e ingenieros para proyectar y desarrollar planos, proyectos y especificaciones constructivas, entre otras. *CivilCAD* nos da la facilidad de diseñar y calcular una red de alcantarillado simplemente seleccionando esta misma, la cual fue previamente representada mediante líneas en el *software* y proporcionándole las cotas del terreno natural, ahorrándonos una gran cantidad de tiempo en el proceso de realización de los cálculos necesarios lo cual se traduce en ahorro de dinero.

Es importante implementar el uso de este tipo de programas en el área de la construcción para ser competitivos en el mercado, es por eso que los ingenieros deben de saber conjugar sus conocimientos de ingeniería con los del uso de programas informáticos así como actualizarse regularmente sobre los avances de estos.

METODOLOGÍA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el desarrollo de cualquier zona urbana, las obras para el abastecimiento de agua potable y desalojo de aguas residuales es indispensable así como una necesidad básica, aunado a ese desarrollo urbano, los avances tecnológico demanda a las compañías constructoras encargadas de estas obras una mayor eficiencia en cuanto a la reducción de los tiempos de diseño y realización de obra, sin dejar atrás la elección mas adecuada para las necesidades existentes, es por eso que es indispensable recurrir al uso de programas informáticos que nos permitan minimizar tiempos y gastos así como maximizar ganancias.

IDENTIFICACIÓN.

La creación de programas de diseño por computadora como lo es *AutoCAD* y *CivilCAD* así como los *Plotters* han revolucionado el campo de la ingeniería, con ello se deja atrás los restiradores y dibujos a mano sustituyéndolos por diseños de mucha mayor calidad, en tiempos más cortos y sin necesidad de tener cierta destreza para dibujar, es por eso que utilizare estos programas para el diseño y calculo de redes de alcantarillado sanitario.

DESCRIPCIÓN.

CivilCAD es una herramienta de dibujo y cálculo muy eficiente, nuestra área de estudio se limitará solo al diseño y cálculo de redes de alcantarillado sanitario.

SELECCIÓN.

Es importante usar productos populares en el mercado. Debido a que no existe en el ramo de la construcción otro programa de diseño tan popular como *AutoCAD*, es por eso que *CivilCAD* como un complemento del programa ya mencionado es la opción más viable para este tipo de trabajos.

JUSTIFICACIÓN.

RAZONES DEL ESTUDIO.

Como ya se menciona en la actualidad no existe una sola compañía dedicada a la construcción que no base sus proyectos en algún tipo de sistema informático, ya que estos se han vuelto una necesidad dentro del mercado competitivo, es por eso que es importante conocer la mecánica de estas herramientas informáticas.

TRASCENDENCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

Con los estudios realizados en este trabajo de tesis, se espera que al ser consultado, el lector comprenda el mecanismo básico del cálculo y diseño de redes de alcantarillado sanitario usando el programa informático establecido, desarrollar un criterio de elección y sobre todo que el lector pueda aplicar los conocimientos adquiridos a cualquier tipo de red sanitaria, además se espera poder demostrar la gran ventaja que se obtiene en cuanto al tiempo de realización así como precisión en los cálculos, siempre y cuando los datos introducidos a la computadora sean los correctos.

OBJETIVOS.

Desarrollar el ejemplo de red de alcantarillado sanitario planteado utilizando *CivilCAD* como herramienta principal basado en la información previamente reunida sobre redes de alcantarillado y así poder elegir la opción mas conveniente que resuelva las necesidades planteadas en el caso, explicar mediante ese mismo ejemplo el manejo de las opciones que este programa contiene y de esta manera poder adquirir los conocimientos necesarios para aplicar esta herramienta informática en cualquier tipo de red sanitaria que se pueda presentar en el futuro.

TIPO DE ESTUDIO.

Investigación. Recopilar la información y datos necesarios para poder introducirlos al programa de cálculo fijado en este trabajo, proceder al cálculo del sistema de alcantarillado sanitario planteado y poder determinar mediante criterios de construcción la solución óptima para dicho sistema.

ALCANCES.

Inicialmente presentar información, tablas, dibujos, recomendaciones y especificaciones relativas al cálculo y diseño de redes de alcantarillado sanitario. Proseguir con el desarrollo de una red de alcantarillado basado en un ejemplo apegado a la realidad usando el programa informático en cuestión, analizar las ventajas que nos brinda dicha herramienta informática para así poder analizar por último si su uso es conveniente o no.

1. QUE ES UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y COMO FUNCIONA.

Es el conjunto de conductos y estructuras especiales destinadas a recoger las aguas residuales domiciliarias, comerciales o industriales para conducir las adecuadamente hasta el sitio de su tratamiento y posteriormente hacia el punto de descarga final.

Los sistemas de alcantarillado sanitario funcionan por gravedad, aprovechando las pendientes del terreno natural aunque en zonas muy planas se hace necesario el uso de sistemas de bombeo.

Los desechos líquidos de un núcleo urbano, están constituidos, fundamentalmente, por las aguas de abastecimiento después de haber pasado por las diversas actividades de una población. Estos desechos líquidos se componen esencialmente de agua, más sólidos orgánicos disueltos y en suspensión.

Existe la norma oficial mexicana NOM-002-ECOL-1996 publicada en el diario oficial de la federación el 9 de enero de 1997 y aprobada el 9 de Diciembre del mismo año, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y de tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal (ver tabla 1); sin embargo la industria, el comercio y el usuario en general, no siempre cumple con dicha norma, vertiendo sustancias que son peligrosas en un alcantarillado, por lo que se debe tener especial cuidado en eliminar este tipo de sustancias.

TABLA 1. Límites máximos permisibles de contaminantes.

| LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES | | | |
|---|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------|
| PARÁMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique otra unidad) | PROMEDIO MENSUAL | PROMEDIO DIARIO | INSTANTÁNEO |
| Grasas y aceites | 50 | 75 | 100 |
| Sólidos sedimentables) mililitros por litro) | 5 | 7.5 | 10 |
| Arsénico total | 0.5 | 0.75 | 1 |
| Cadmio total | 0.5 | 0.75 | 1 |
| Cianuro total | 1 | 1.5 | 2 |
| Cobre total | 10 | 15 | 20 |
| Cromo hexavalente | 0.5 | 0.75 | 1 |
| Mercurio total | 0.01 | 0.015 | 0.02 |
| Níquel total | 4 | 6 | 8 |
| Plomo total | 1 | 1.5 | 2 |
| Zinc total | 6 | 9 | 12 |

El encauzamiento de aguas residuales evidencia la importancia de aplicar lineamientos técnicos, que permitan elaborar proyectos de alcantarillado económicos, eficientes y seguros, considerando que deben ser auto-limpiantes, auto-ventilantes e hidráulicamente herméticos.

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

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

En el dimensionamiento de los diferentes componentes de un sistema de alcantarillado, se debe analizar la conveniencia de programar las obras por etapas, existiendo congruencia entre los elementos que lo integran y entre las etapas que se propongan para este sistema, considerando también el de agua potable.

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

La mayoría de los alcantarillados en localidades medianas y grandes se han diseñado y construido para funcionar en forma combinada, considerando las aportaciones pluviales. A través del tiempo se ha observado que esta práctica genera problemas de contaminación y de operación de los sistemas, por la imposibilidad de tratar, en época de lluvias, la totalidad de las aguas captadas. Aprovechando esta experiencia, los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial deben de diseñarse en forma separada.

Como se menciona en el texto anterior existen redes de alcantarillado mixto, es decir, que juntan las aguas negras y las aguas de lluvia (sistemas unitarios). Sin embargo, este tipo de alcantarillado ha dejado de usarse y actualmente se construyen casi exclusivamente alcantarillados separados para aguas servidas y aguas pluviales (sistemas separativos) ya que los sistemas mixtos generan grandes problemas sanitarios, aunque básicamente la decisión depende de los gastos que pretenda afrontar la administración competente.

2. FUNCIÓN PRINCIPAL Y BENEFICIOS QUE APORTA UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

La función principal de un sistema de alcantarillado sanitario, es la de recoger y conducir las aguas residuales de una población de manera adecuada, evitando la contaminación de corrientes superficiales y de los mantos acuíferos; conduciéndolas finalmente hasta el sitio de tratamiento y a la descarga final de las aguas tratadas, así mismo la de evitar la formación de focos de infección, disminuyendo considerablemente la incidencia de enfermedades asociadas a la proliferación de bacterias que son producidas por el mal manejo de las aguas residuales.

El principal beneficio es en cuanto a mejorar la salud de la población en general, evitando la proliferación de enfermedades como diarrea, cólera y tifoidea, etc.

Otro de los beneficios es de que mejora el aspecto de la población, al evitarse las descargas de aguas negras directamente a las calles del poblado, al mismo tiempo se mejora el ambiente, al evitarse la defecación al aire libre que provoca que el aire se encuentre saturado de materia fecal pulverizada y que representa uno de los principales agentes para la proliferación de enfermedades.

3. NECESIDAD DE CREAR UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO.

El agua como elemento indispensable de subsistencia es factor determinante de crecimiento y desarrollo para una sociedad, habiéndose constituido como la primera necesidad de los asentamientos humanos.

El primer paso para solucionar esta demanda es llevar el agua a las viviendas, ya que en este paso es donde se presentan las dificultades técnicas o económicas y más en sitios con orografía accidentada y asentamientos dispersos. Una vez que se ha resuelto el problema de suministro de agua a la población, surge la necesidad de desalojar las aguas servidas de una manera adecuada para evitar que esta agua ya contaminadas afecten la salud de la población, para lograr ese fin ha sido la necesaria la implementación de un sistema de alcantarillado sanitario, teniendo como objetivo fundamental desalojar la totalidad de las aguas residuales generadas por la población.

Un sistema de alcantarillado sanitario consta fundamentalmente de las siguientes partes: red de atarjeas, subcolector, colector, emisor, pozos de visita, cajas de caída, descargas domiciliarias, planta de tratamiento y estructura de descarga. Será necesaria también la elaboración del proyecto del sistema de tratamiento, para que las aguas descargadas tengan la calidad necesaria para no afectar al ecosistema actual, pero este sistema de tratamiento solo será mencionado, no será tema de estudio en este trabajo.

4. DATOS BÁSICOS PARA DESARROLLAR UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO.

En la elaboración de cualquier proyecto, es necesario tener especial cuidado en la definición de los datos básicos. Estimaciones exageradas provocan la construcción de sistemas sobredimensionados, mientras que estimaciones escasas dan como resultado sistemas deficientes o saturados en un corto tiempo, ambos casos representan inversiones inadecuadas que imposibilitan su recuperación, en demérito del funcionamiento de los propios sistemas.

Tomando en consideración lo anterior, es importante mencionar que el ingeniero proyectista es el responsable de asegurar la recopilación de información confiable, de realizar análisis y conclusiones con criterio y experiencia para cada caso particular, y de aplicar los lineamientos que a continuación se presentan, con objeto de obtener datos básicos razonables para la elaboración de proyectos ejecutivos de alcantarillado sanitario.

Una vez recopilada toda la información disponible de los sistemas de alcantarillado en funcionamiento, se hará una síntesis que proporcione un diagnóstico de los sistemas, señalando sus características más importantes, sus deficiencias y los requerimientos de rehabilitación, sustitución o expansión. Con lo anterior se deben plantear alternativas de desarrollo para las posibles áreas de crecimiento inmediato, y programar a futuro aquellas zonas consideradas en los planes de desarrollo urbano.

Se deben identificar las zonas habitacionales por su clase socioeconómica, diferenciándolas en: popular, media y residencial. De igual forma se delimitan las zonas industriales, comerciales y de servicios públicos.

Lo anterior representa la información de inicio para obtener los datos básicos que son necesarios en la elaboración de estudios y proyecto de un sistema de alcantarillado sanitario.

4.1 Aportación de aguas Residuales.

La aportación de aguas residuales es el volumen de agua residual entregado a la red de alcantarillado. El sistema de alcantarillado mantiene una relación directa con el servicio de agua potable, por lo tanto existe una razón de proporción entre

la dotación de agua potable y la aportación de aguas residuales a la red de alcantarillado, ya que existe un volumen de líquido que no tributa a la red de alcantarillado como el utilizado para el consumo humano, riego de jardines, lavado de coches, etc.

4.2 Dotación.

La dotación es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual; sus unidades están dadas en lts/hab/día.

La dotación media de la localidad se obtiene a partir de un estudio de demandas, dividiendo el consumo total, que incluye servicio doméstico, comercial, industrial y de servicios públicos, y las pérdidas físicas de agua, entre el número de habitantes de la localidad.

TABLA 2. Tipo de vivienda de acuerdo a la clase socioeconómica.

| CLASE SOCIOECONÓMICA | DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE VIVIENDA |
|-----------------------------|---|
| Residencial | Casas solas o departamentos de lujo con dos o más baños, jardín de 50 m ² o más, cisterna, lavadora. |
| Media | Casas, departamentos que cuentan con uno o dos baños, jardín de 15 a 35 m ² y tinaco. |
| Popular | Vecindades y casas habitadas por una o más familias que cuentan con jardín de 2 a 8 m ² , con un baño. |

Es comúnmente aceptado que la aportación de aguas residuales representa el 75 % de la dotación de agua potable en (lts/hab/día), asumiendo que el 25 % restante se pierde o se utiliza en otras actividades y no llega a las atarjeas, aunque en zonas habitacionales se adopta como aportación de aguas residuales el 80 % de la dotación de agua potable, considerando que el 20 % restante se consume antes.

Para tal efecto, se consideran las cantidades de agua que se indican en la tabla 3, las cuales están en función de la clase socioeconómica así como del clima el que a su vez es clasificado en base a su temperatura media anual.

TABLA 3. Dotación de agua potable por clase socioeconómica de acuerdo al clima de la zona.

| TEMP. MEDIA ANUAL (° C) | TIPO DE CLIMA | DOTACIÓN DE AGUA POTABLE POR CLASE SOCIOECONÓMICA (lts/hab/día) | | |
|-------------------------|---------------|---|-------|---------|
| | | RESIDENCIAL | MEDIA | POPULAR |
| Mayor que 22 | CÁLIDO | 400 | 230 | 185 |
| 18 – 22 | SEMICÁLIDO | 300 | 205 | 130 |
| 12 – 17.9 | TEMPLADO | 250 | 195 | 100 |
| 5 – 11.9 | SEMIFRÍO | 250 | 195 | 100 |
| Menor que 5 | FRIO | 250 | 195 | 100 |

TABLA 4. Dotación de agua potable por tipo de usuario.

| ZONA | | DOTACIÓN | UNIDAD |
|------------------|-------------------------|---------------|---------------------------|
| a.- Habitacional | | Véase tabla 3 | litro/hab./día |
| b.- Comercial | | 6.0 | litro/m ² /día |
| c.- Industrial | | 30 | litro/m ² /día |
| d.- Pública | | | |
| Escuelas | Dotación por alumno | 25 | litro/alumno/día |
| | Dotación por Trabajador | 6.0 | Litro/trabajador/día |
| e.- Áreas verdes | | 5.0 | litro/m ² /día |

Cuando dentro del área de servicio del sistema de alcantarillado se localicen zonas públicas, industrias o comercios, se debe considerar la aportación de éstas, sin olvidar que se debe tratar y regular sus descargas dentro de sus propias fábricas antes de ser vertidas a la red municipal (ver tabla 4).

4.3 Población.

4.3.1 Población actual.

Tomando en cuenta las diferentes zonas habitacionales descritas en la sección anterior, se debe definir la población actual correspondiente.

Utilizando la información que proporciona el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), relativa a cuando menos los últimos tres censos disponibles, se realiza la proyección de la población al término del periodo de diseño en que se ejecutan los estudios y proyectos.

Los resultados obtenidos de la población actual, por clase socioeconómica, se validan con la información que proporcione la *Comisión Federal de Electricidad (CFE)*, referente a número de contratos de servicio doméstico, índice de hacimiento (número de habitantes / vivienda) y cobertura en el servicio de energía eléctrica.

En caso de no contar con la información que proporciona el *INEGI*, se acepta una consideración de 5 habitantes por unidad habitacional en zonas de clase socioeconómica popular-media.

4.3.2 Población de proyecto.

La población de proyecto es la cantidad de personas que se espera tener en una localidad al final del período de diseño del sistema de alcantarillado.

De acuerdo con las características socioeconómicas de la población y tomando en cuenta los planes de desarrollo urbano, se definirán las zonas habitacionales actuales y futuras para cada grupo demográfico.

Basándose en el crecimiento histórico, las variaciones observadas en las tasas de crecimiento, su característica migratoria (movimiento de las familias hacia dentro y/o hacia fuera del área en cuestión) y las perspectivas de desarrollo económico de la localidad, se definirá en caso de ser posible, la tasa de crecimiento en cada grupo demográfico para proyectar la población anualmente en un horizonte de 20 años.

4.4 Periodos de diseño.

Se entiende por período de diseño, el intervalo de tiempo durante el cual la obra llega a su nivel de saturación, este período debe ser menor que la vida útil.

Los periodos de diseño de las obras y acciones necesarias para la planificación del desarrollo de los sistemas de alcantarillado, se determinan por un lado como ya se menciono, considerando que este siempre será menos que la vida útil de los elementos del sistema; y por otro, considerando que se tendrá que establecer un plan de mantenimiento o sustitución de algún elemento al llegar al fallo, antes de pensar en la ampliación, mejoramiento o sustitución de todo el sistema.

Se recomienda hacer un listado de todas las estructuras, equipos y accesorios más relevantes dentro del funcionamiento y operación del proyecto para después, en base a esa lista determinar la vida útil de cada elemento del proyecto y así finalmente definir el periodo de diseño.

Los elementos del sistema se proyectan con una capacidad prevista hasta el periodo de diseño. Rebasando el periodo de diseño, la obra continuará funcionando con una eficiencia cada vez menor, hasta agotar su vida útil.

Vida útil.

La vida útil es el tiempo que se espera que la obra sirva a los propósitos de diseño, sin tener gastos de operación y mantenimiento elevados que hagan antieconómico su uso o que requiera ser eliminada por insuficiente.

Este lapso de tiempo está determinado por la duración misma de los materiales de los que estén hechos los componentes, por lo que es de esperar que este lapso sea mayor que el período de diseño. Otros factores que determinan la vida útil de las obras de agua potable y alcantarillado son la calidad del agua a manejar y la operación y mantenimiento del sistema.

Se deben tomar en cuenta todos los factores, características y posibles riesgos de cada proyecto en particular, para establecer adecuadamente el período de vida útil de cada una de las partes del sistema.

5. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y SU FUNCIÓN.

Una red de alcantarillado sanitario se compone de tuberías y obras accesorias como son: descargas domiciliarias, pozos de visita, estructuras de caída, sifones y cruzamientos especiales. En los sistemas a presión se utilizan estaciones de bombeo para el desalojo de las aguas negras.

5.1 Tuberías.

La tubería del alcantarillado sanitario se compone de dos o más tubos acoplados mediante un sistema de unión, el cual permite la conducción de las aguas negras.

En la selección del material de la tubería de alcantarillado intervienen diversas características tales como: hermeticidad, resistencia mecánica, durabilidad, resistencia

a la corrosión, capacidad de conducción, economía, facilidad de manejo e instalación, flexibilidad y facilidad de mantenimiento y reparación.

Las tuberías para alcantarillado sanitario se fabrican de diversos materiales, siendo los más utilizados: concreto simple (CS), concreto reforzado (CR), fibrocemento (FC), plástico - poli (cloruro de vinilo) (PVC) y polietileno de alta densidad (PEAD) - así como acero. En los sistemas de alcantarillado sanitario a presión se pueden utilizar diversos tipos de tuberías para conducción de agua potable, siempre y cuando reúnan las características necesarias para conducir aguas negras.

A continuación, se detallaran las características de la tubería de poli (cloruro de vinilo) (PVC) y de los sistemas de unión entre los diversos tramos de tubería.

5.1.1 Tuberías de poli (cloruro de vinilo) (PVC).

Las tuberías de PVC se fabrican en diámetros de 10 a 60 cm. en dos tipos de serie y cada serie con tres tipos de tubería de acuerdo a su espesor : la serie métrica (véase tabla 5) se fabrica de acuerdo a las normas NMX-E-215/1-1993 (tuberías) y NMX-E-215-/2-1993 (conexiones) en los tipos 16.5, 20 y 25 ; por su parte la serie inglesa (véase tabla 6) se fabrica de acuerdo a las normas NMX-E-211/1-1993 (tuberías) y NMX-E-

211-/2-1993 (conexiones) en los tipos 35, 41 y 51. Estos valores con que se clasifica a las tuberías representan la relación entre su diámetro exterior y su espesor de pared.

En las tablas 5 y 6 se muestran las características principales de los tipos de tuberías mencionados.

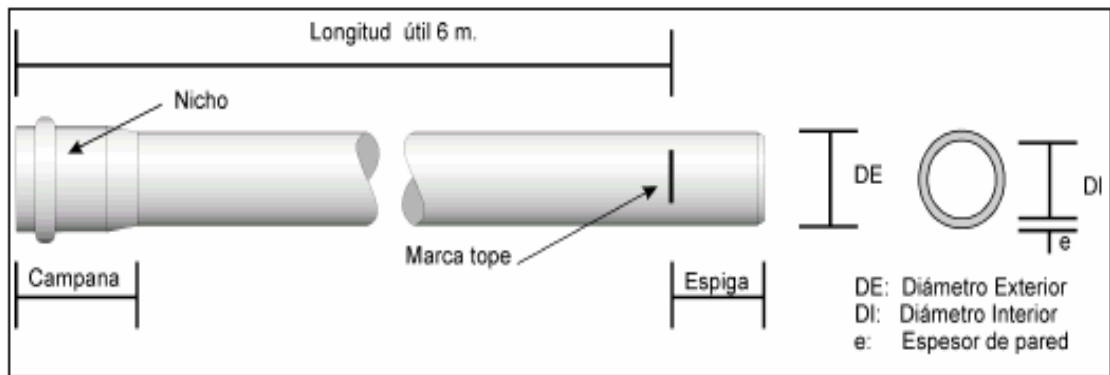


FIGURA 1. Tubería de PVC

Además de estos tipos de tuberías, existe la tubería de PVC de pared estructurada con celdas longitudinales (ver figura 2), que actualmente se fabrica en diámetros de 16 a 31.5 cm. (ver tabla 7) de acuerdo a la norma mexicana NMX-E-222/1-1995.

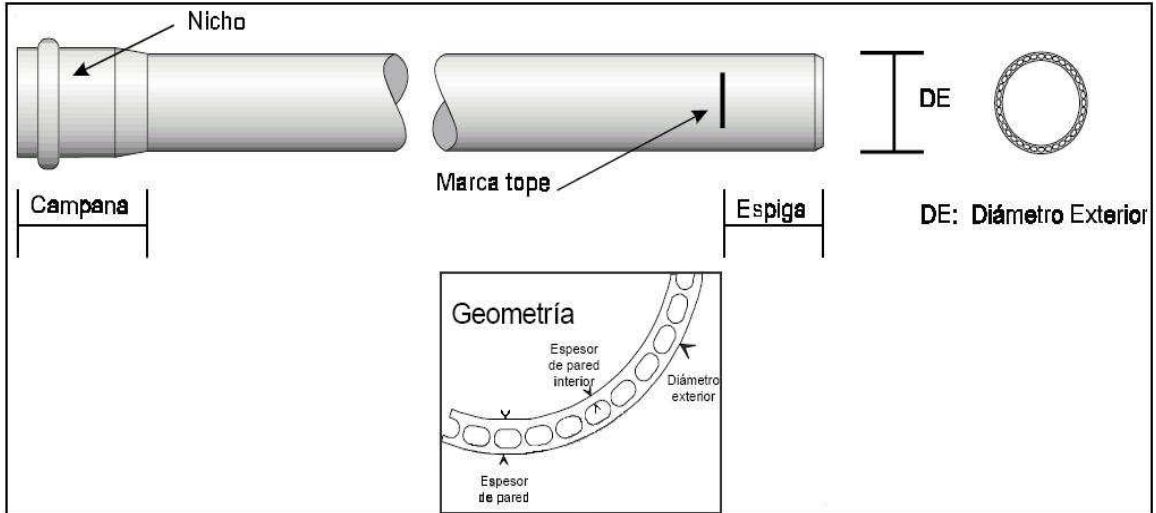


FIGURA 2. Tubería de PVC con pared estructurada

La selección de tipos de tuberías a utilizar dependerá de las condiciones donde se instalarán, como pueden ser el peso específico del suelo, la profundidad de instalación y la magnitud de las cargas vivas.

Para cualquiera de los tipos de tuberías la longitud útil de los tubos es de 6 m. Los tubos se acoplan entre sí mediante dos tipos de sistema de unión: por un lado, el cementado, y por otro, la unión espiga - campana con anillo elastomérico integrado de fábrica.

Entre las ventajas de las tuberías de PVC se tienen:

- Hermeticidad. Este tipo de tuberías son impermeables y herméticas, debido, por un lado, a la naturaleza intrínseca impermeable del material, y por otro lado, a las juntas herméticas que se logran en el acoplamiento de los tubos, por el uso en las juntas de anillos de material elastomérico.

- Ligereza. Esta característica de los tubos de PVC se traduce en facilidad de manejo, estiba, transporte e instalación, lo que se manifiesta aún más en la tubería de pared estructurada que es más ligera que la tubería plástica de pared sólida tradicional.

- Durabilidad.

- Resistencia a la corrosión. Las tuberías de PVC son inmunes a los tipos de corrosión que normalmente afectan a los sistemas de tubería enterradas, ya sea corrosión química o electroquímica. Puesto que el PVC se comporta como un dieléctrico, no se producen efectos electroquímicos ó galvánicos en los sistemas integrados por estas tuberías, ni éstas son afectadas por suelos corrosivos. En consecuencia, no requieren de recubrimientos, forros ó protección catódica.

5.1.2 Piezas Especiales para Tubería PVC.

Las piezas especiales para tubería PVC son los elementos de unión entre los diferentes elementos de una red de conducción de agua y tienen diversas aplicaciones como son: efectuar intersecciones de conductos, variación de diámetros, cambios de dirección, conexión con válvulas y equipos de bombeo, ventilación, limpieza, control del flujo, protección y ajuste entre otras, siendo estas las más comunes.

Algunos de los accesorios pueden ser codos, juntas, extremidades, cruces, silletas, tees, coples, reducciones, válvulas, abrazaderas, tuercas de unión, adaptador hembra, adaptador macho, cruz, tapones, niples, etc.

En la figura 3 se muestran algunos accesorios para tubería PVC.



FIGURA 3. Piezas especiales para tubería PVC.

- Juntas. Las juntas se utilizan para unir dos tuberías.

- Extremidades. Las extremidades son tubos de pequeña longitud que se colocan sobre alguna descarga por medio de una brida en uno de sus extremos. Se fabrican en longitudes de 40, 50, y 75 cm. Para materiales de PVC, las extremidades pueden ser campana o espiga.

- Válvulas. Para controlar el flujo en un sistema de agua, y aislar cualquier sección de una línea para una reparación, se colocan válvulas en todas las principales y secundarias. En un sistema de distribución las válvulas se deben colocar en todos los tramos rectos de tubería a intervalos de 500 a 800 pies. El principio general es que las válvulas estén colocadas de tal manera, que cualquier tubo de dos cuerdas de largo pueda cortarse de la circulación general sin interrumpir el servicio en el resto del sistema.

- Tees. Las tees se utilizan para unir tres conductos, donde las tres uniones pueden ser del mismo diámetro, o dos de igual diámetro y uno menor. En el segundo caso se llama tee reducción.

- Cruces. Las cruces se utilizan para unir cuatro conductos, donde las cuatro uniones pueden ser del mismo diámetro, o dos mayores de igual diámetro y dos menores de igual diámetro. En el segundo caso se llama cruz reducción.

- Codos. Los codos tienen la función de unir dos conductos del mismo diámetro en un cambio de dirección ya sea horizontal o vertical. Los codos pueden tener deflexiones de 22.5, 45 y 90 grados.

- Reducciones. Las reducciones se emplean para unir dos tubos de diferente diámetro.

- Coples. Los coples son pequeños tramos de tubo de PVC o de fibrocemento que se utilizan para unir las espigas de dos conductos del mismo diámetro. Los coples pueden ser también de reparación, los cuales se pueden deslizar libremente sobre el tubo para facilitar la unión de los dos tubos en el caso de una reparación.

- Tapones y tapas. Los tapones y las tapas se colocan en los extremos de un conducto con la función de evitar la salida de flujo.

- Silleta. También conocida como "*Slant*" es una especie de placa que sirve para sellar un hueco realizado al tubo por medio de cementación, sustituyendo el hueco por una entrada para conexión con tubería a cierta deflexión.

5.2 Obras accesorias.

5.2.1 Descarga domiciliaria.

La descarga domiciliaria o albañal es la tubería que permite el desalojo de las aguas residuales desde el interior de las edificaciones a las atarjeas de la red urbana o municipal ubicadas generalmente en el centro de las calles, se construyen con un diámetro mínimo de 15 cm. realizándose la conexión a la atarjea de manera directa, empleando slant y codo para tuberías de concreto así como silleta y codo para tuberías de PVC También se construye un registro de banqueteta con muros de tabique y tapa de concreto para permitir el correcto mantenimiento de estas descargas.

La descarga se inicia en un registro principal localizado en el interior del predio, provisto de una tapa de cierre hermético que impide la salida de malos olores, (ver figura 4).

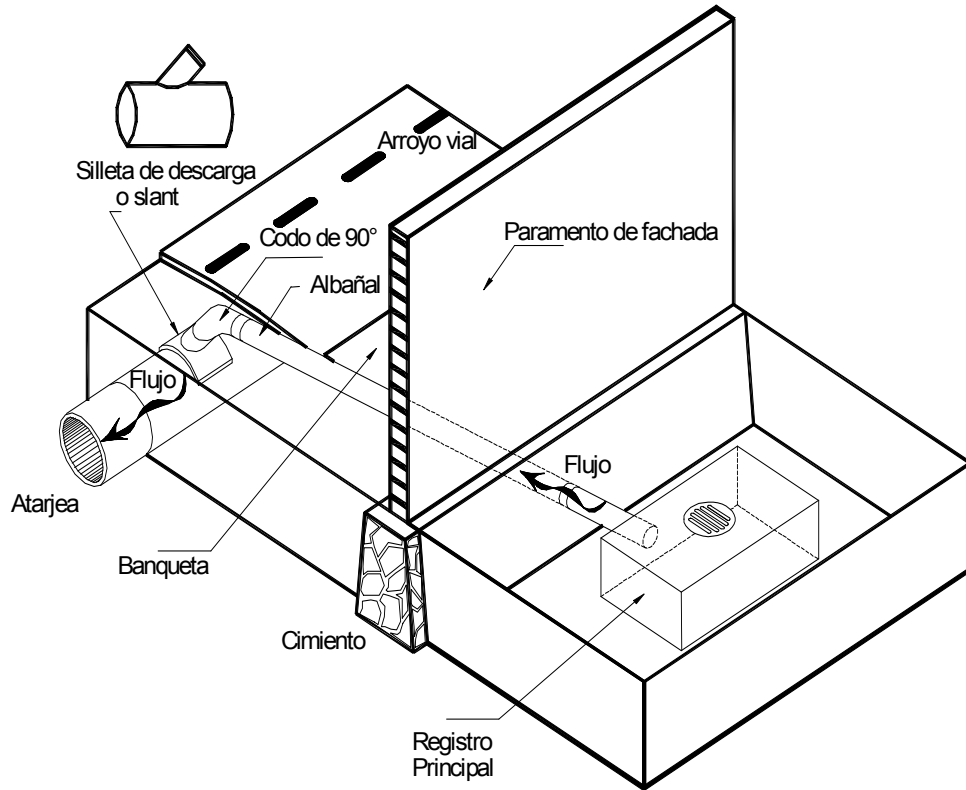


FIGURA 4. Descarga domiciliaria con tubería PVC.

A la profundidad mínima de la zanja se recomienda un colchón de 0.90m, sobre el lomo del tubo de la atarjea, en lugares con tráfico vehicular, o 0.60m sobre el lomo cuando no exista tráfico.

El albañal se conecta al sistema de alcantarillado con una pendiente del 1 ó 2 % como mínimo, y con un ángulo de 45 grados. Las piezas necesarias según el tipo de material de la descarga deben garantizar que la conexión del albañal a la atarjea sea hermética

Dependiendo del tipo de material de la atarjea o colector, se debe seleccionar de preferencia el mismo material en la tubería de albañal y en las piezas especiales, así como el correspondiente procedimiento de conexión. Además, hay que considerar que en algunos casos el diámetro del albañal es muy pequeño en comparación con el de la atarjea, por lo que no es recomendable que se lleve a cabo la unión directa con un diámetro mucho mayor, sino que es necesario prever de una atarjea (madrina), la cual servirá para ir interceptando los albañales hasta que el diámetro de estos sea adecuado para unirse a la atarjea de la red municipal; si las dimensiones de las tuberías por unir no permiten el uso de las conexiones existentes (madrinas), será necesario hacer uso de un pozo de visita.

A continuación se describen los tipos de materiales que comúnmente se emplean en los elementos que constituyen las descargas domiciliarias.

5.2.2 Red de atarjeas.

La red de atarjeas la constituyen las tuberías o conductos que tiene por objeto recolectar y transportar las aportaciones de aguas negras domésticas, comerciales e industriales, hacia los colectores, interceptores o emisores.

El ingreso del agua a las tuberías es paulatino a lo largo de la red, acumulándose los caudales, lo que da lugar a ampliaciones sucesivas de la sección de los conductos en la medida en que se incrementan los caudales. De esta manera se obtienen en el diseño las mayores secciones en los tramos finales de la red.

No es admisible diseñar reducciones en los diámetros en el sentido del flujo.

La red se inicia con la descarga domiciliaria o albañal, a partir del paramento exterior de las edificaciones. El diámetro del albañal en la mayoría de los casos es de 15 cm., siendo éste el mínimo aceptable. La conexión entre albañal y atarjea debe ser hermética y la tubería de interconexión debe de tener una pendiente mínima del 1 %.

Las atarjeas, localizadas generalmente al centro de las calles van recolectando las aportaciones de los albañales. El diámetro mínimo que se utiliza en la red de atarjeas de un sistema de drenaje separado es de 20 cm., y su diseño, en general debe seguir la pendiente natural del terreno, siempre y cuando cumpla con los límites máximos y mínimos de velocidad y la condición mínima de tirante.

La estructura típica de liga entre dos tramos de la red es el pozo de visita, que permite el acceso del exterior para su inspección y maniobras de limpieza; también tiene la función de ventilación de la red para la eliminación de gases. Las uniones de la red de las tuberías con los pozos de visita deben ser herméticas.

Los pozos de visita deben localizarse en todos los cruceros, cambios de dirección, pendiente y diámetro y para dividir tramos que exceden la máxima longitud recomendada para las maniobras de limpieza y ventilación (ver apartado 5.2.6.2). Las separaciones máximas entre pozos de visita también se indican en el apartado 5.2.6.2.

Con objeto de aprovechar al máximo la capacidad de los tubos, en el diseño de las atarjeas se debe dimensionar cada tramo con el diámetro mínimo, que cumpla las condiciones hidráulicas definidas por el proyecto.

5.2.2.1 Modelos de configuración de atarjeas.

El trazo de atarjeas generalmente se realiza coincidiendo con el eje longitudinal de cada calle y de la ubicación de los frentes de los lotes. Los trazos más usuales se pueden agrupar en forma general en los siguientes tipos:

a) Trazo en bayoneta.

Se denomina así al trazo que iniciando en una cabeza de atarjea tiene un desarrollo en zigzag o en escalera (ver figura 5).

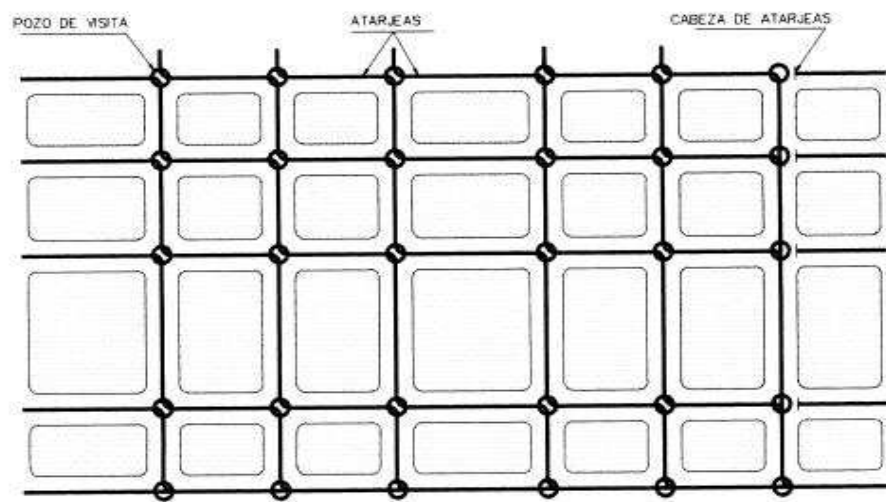


FIGURA 5. Trazo en bayoneta.

· Ventajas:

Las ventajas de utilizar este tipo de trazo son reducir el número de cabezas de atarjeas y permitir un mayor desarrollo de las atarjeas, con lo que los conductos adquieren un régimen hidráulico establecido, logrando con ello aprovechar adecuadamente la capacidad de cada uno de los conductos.

- Desventajas:

Dificultad en su utilización, debido a que el trazo requiere de terrenos con pendientes suaves más o menos estables y definidas.

Para este tipo de trazo, en las plantillas de los pozos de visita, las medias cañas usadas para el cambio de dirección de las tuberías que confluyen, son independientes y con curvatura opuesta, no debiendo tener una diferencia mayor de 0.50 m. entre las dos medias cañas.

b) Trazo en peine.

Es el trazo que se forma cuando existen varias atarjeas con tendencia al paralelismo, empiezan su desarrollo en una cabeza de atarjea, descargando su contenido en una tubería común de mayor diámetro, perpendicular a ellas (ver figura 6).

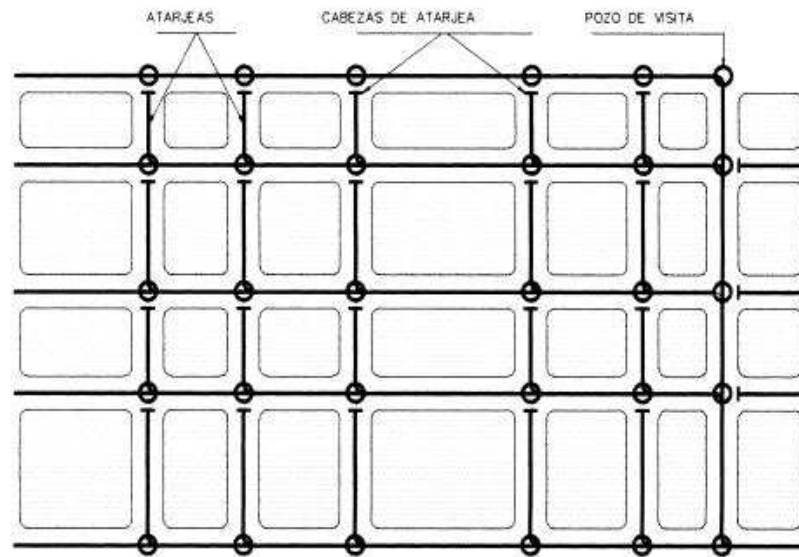


FIGURA 6. Trazo en peine.

· Ventajas:

Se garantizan aportaciones rápidas y directas de las cabezas de atarjeas a la tubería común de cada peine, y de éstas a los colectores, propiciando que se presente rápidamente un régimen hidráulico establecido, además se tiene una amplia gama de valores para las pendientes de las cabezas de atarjeas, lo cual resulta útil en el diseño cuando la topografía es muy irregular.

· Desventajas:

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

c) Trazo combinado.

Corresponde a una combinación de los dos trazos anteriores y a trazos particulares obligados por los accidentes topográficos de la zona (ver figura 7).

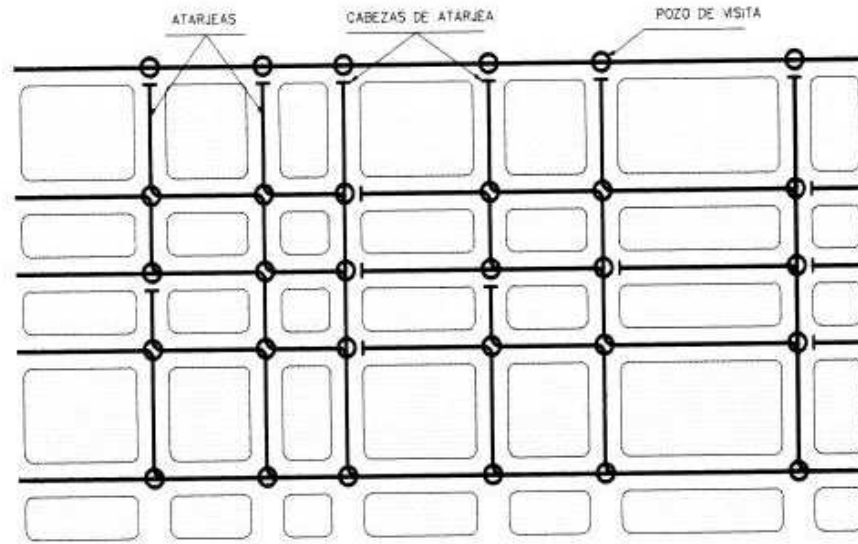


FIGURA 7. Trazo combinado.

La elección del tipo de trazo depende fundamentalmente de las condiciones topográficas del sitio en estudio.

5.2.3 Subcolector.

Los subcolectores son tuberías que captan las aguas recolectadas por las atarjeas. Generalmente los subcolectores son de mayor diámetro que las atarjeas, sin embargo, en un principio pueden tener el mismo diámetro.

5.2.4 Colectores e Interceptores.

El colector lo componen las tuberías encargadas de recibir las aportaciones de los subcolectores por lo cual son de mayor diámetro que estos, se construyen con tuberías de 25 cm. de diámetro o mayores, dependiendo del caudal que tengan que conducir.

Los colectores o Subcolectores reciben convencionalmente el nombre de interceptores cuando son colocados en forma perpendicular a otros conductos de menor diámetro, que vierten en ellos los volúmenes captados de una zona alta y de esta manera, permiten reducir los volúmenes que se captarían en zonas mas bajas.

Los interceptores, son las tuberías que interceptan las aportaciones de aguas negras de los colectores y terminan en un emisor o en la planta de tratamiento (véase figura 8).

Por razones de economía, los colectores e interceptores deben tender a ser una réplica subterránea del drenaje superficial natural.

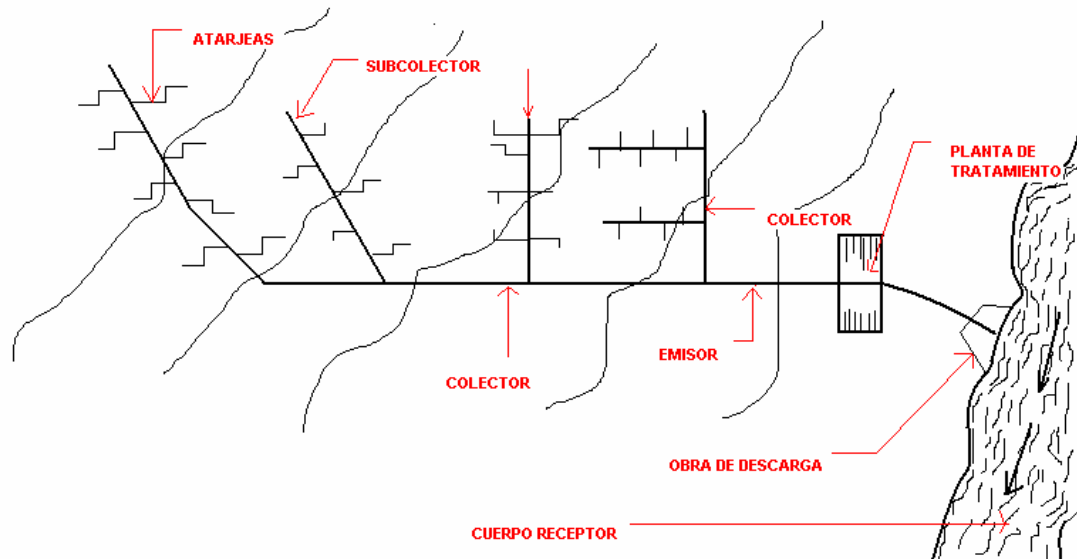


FIGURA 8. Conductos que forman la red de alcantarillado.

5.2.5 Emisor.

El emisor es el conducto que recibe las aguas de uno o varios colectores o interceptores. No recibe ninguna aportación adicional (atarjeas o descargas domiciliarias) en su trayecto y su función es conducir las aguas negras a la planta de tratamiento. También se le denomina emisor al conducto que lleva las aguas tratadas (efluente) de la planta de tratamiento al sitio de descarga.

El escurrimiento debe ser por gravedad, excepto en donde se requiere el bombeo para las siguientes condiciones:

1.- Elevar las aguas negras de un conducto profundo a otro más superficial, cuando constructivamente no es económico continuar con las profundidades resultantes.

2.- Conducir las aguas negras de una cuenca a otra.

3.- Entregar las aguas negras a una planta de tratamiento o a una estructura determinada de acuerdo a condiciones específicas que así lo requieran.

5.2.5.1 Emisores a gravedad.

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

5.2.5.2 Emisores a presión.

Cuando la topografía no permite que el emisor sea a gravedad, en parte o en su totalidad, será necesario recurrir a un emisor a presión. También la localización de la planta de tratamiento o del sitio de vertido, puede obligar a tener un tramo de emisor a bombeo. En estos casos es necesario construir una estación de bombeo para elevar el caudal de un tramo de emisor a gravedad, a otro tramo que requiera situarse a una mayor elevación o bien alcanzar el nivel de aguas máximas extraordinarias del cuerpo receptor, en cuyo caso el tramo de emisor a presión puede ser desde un tramo corto hasta la totalidad del emisor.

El tramo a presión debe ser diseñado hidráulicamente debiendo estudiarse las alternativas necesarias para establecer su localización más adecuada, tipo y clase de tubería, así como las características de la planta de bombeo y la estructura de descarga.

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

5.2.6 Pozos de visita.

Los pozos de visita son estructuras que permiten la inspección, ventilación y limpieza de la red de alcantarillado, construidas sobre las tuberías a cuyo interior se tiene acceso por la superficie de la calle y se utilizan generalmente en la unión de varias tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente.

Los materiales utilizados en la construcción de los pozos de visita, deben asegurar la hermeticidad de la estructura y de la conexión con la tubería (Ver Figura 9).

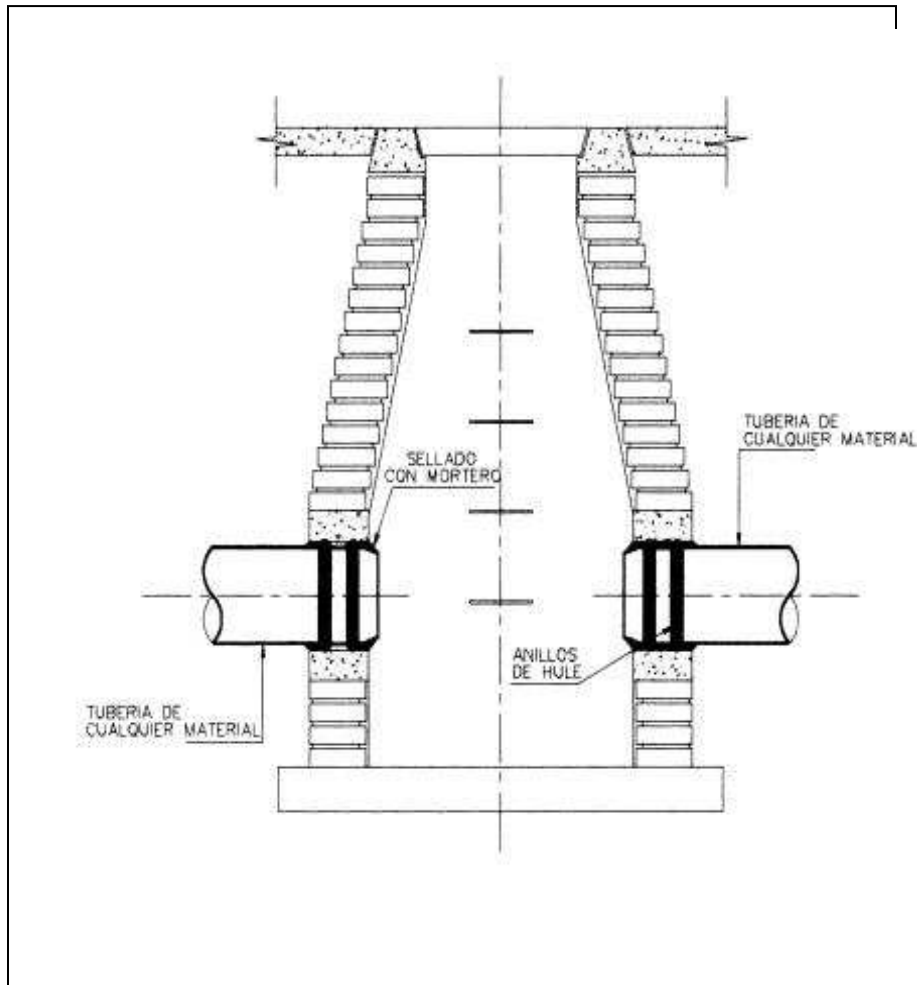


FIGURA 9. Conexión hermética entre pozo de visita y tubería.

5.2.6.1 Clasificación de pozos de visita.

Los pozos de visita pueden ser construidos en el lugar o pueden ser prefabricados, su elección dependerá de un análisis económico.

5.2.6.1.1 Pozos de visita construidos en el lugar.

También denominados pozos de visita construidos *in situ*, comúnmente se construyen de tabique, concreto reforzado o mampostería de piedra. Cuando se usa tabique, el espesor mínimo será de 28 cm. a cualquier profundidad.

Este tipo de pozos de visita se deben aplanar y pulir exteriormente e interiormente con mortero cemento-arena mezclado con impermeabilizante, para evitar la contaminación y la entrada de aguas freáticas; el espesor del aplanado debe ser como mínimo de 1 cm.

Los pozos de visita construidos en el lugar se clasifican en: pozos comunes, pozos especiales, pozos caja, pozos caja unión y pozos caja deflexión.

a) Pozos comunes.

Los pozos de visita comunes están formados por una chimenea de tabique de forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior. La cimentación de estos pozos puede ser de mampostería o de concreto. En terrenos suaves se construye de concreto armado aunque la chimenea sea de tabique. En cualquier caso, las banquetas del pozo pueden ser de tabique o piedra. Todos estos elementos se juntan con mortero cemento-arena. Son suficientemente amplios para darle paso a una persona y permitirle maniobrar en su interior. Un brocal de concreto o de fierro fundido, cubre la boca. El piso de los pozos de visita comunes, es una plataforma en la cual se localizan canales (medias cañas) que prolongan los conductos. Una escalera de peldaños de fierro fundido empotrados en las paredes del pozo, permite el descenso y ascenso al personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema.

Los pozos de visita comunes tienen un diámetro interior de 1.2 m., se utilizan con tubería de 20 hasta 61 cm. de diámetro, con entronques de hasta 0.45 m. de diámetro y permiten una deflexión máxima en la tubería de 90 grados y la profundidad mínima que se maneja para este tipo de pozos es de 1 m. hasta la profundidad indicada en el

proyecto. La base superior de todos los pozos de visita será de 0.60 m. de diámetro interior (ver plano anexo 1).

b) Pozos especiales.

Este tipo de pozos son de forma similar a los pozos de visita comunes (son contruidos de tabique y tienen forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior), pero son de dimensiones mayores.

Existen dos tipos de pozos especiales:

- Tipo 1 (E1):

Presenta un diámetro interior de 1.5 m. para tuberías de 0.76 a 1.07 m. de diámetro con entronques a 90 grados de tuberías de hasta 0.3 m. y permite una deflexión máxima en la tubería de 45 grados (ver plano anexo número 2).

- Tipo 2 (E2):

Presenta 2 m. de diámetro interior para tuberías de 1.22 m. de diámetro y entronques a 90 grados de tuberías de hasta 0.3 m. y permite una deflexión máxima en la tubería de 45 grados (ver plano anexo número3).

La profundidad mínima que se maneja para ambos tipos de pozos especiales es de 2 m.

c) Pozos caja.

Los pozos caja están formados por el conjunto de una caja de concreto reforzado y una chimenea de tabique similar a la de los pozos comunes y especiales. Su sección transversal horizontal tiene forma rectangular o de un polígono irregular. Sus muros así como el piso y el techo son de concreto reforzado, arrancando de éste último la chimenea que al nivel de la superficie del terreno, termina con un brocal y su tapa, ambos de fierro fundido o de concreto reforzado. Generalmente a los pozos cuya sección horizontal es rectangular, se les llama simplemente pozos caja.

Estos pozos no permiten deflexiones en las tuberías.

Existen tres tipos de pozos caja:

- Tipo 1 (C1):

Se utiliza en tuberías de 0.76 a 1.07 m. de diámetro con entronques a 45 grados hasta de 0.60 m. de diámetro (ver plano anexo número 4).

- Tipo 2 (C2):

Usado en tuberías de 0.76 a 1.22 m. de diámetro con entronques a 45 grados hasta de 0.76 m. de diámetro (ver plano número 5).

- Tipo 3 (C3):

El cual se utiliza en diámetros de 1.52 a 1.83 m. con entronques a 45 grados hasta de 0.76 m. de diámetro (ver plano anexo número 6).

d) Pozos caja de unión.

Se les denomina así al pozo caja de sección horizontal en forma de polígono irregular. La caja de unión es una estructura que desempeña la misma función que los pozos de visita solo que se construyen en las uniones de dos o más conductos con diámetro de 76 cm. y mayores. Estos pozos no permiten deflexiones en las tuberías.

Existen dos tipos de pozos caja unión:

- Tipo 1 (U1):

Se utiliza en tuberías de hasta 1.52 m. de diámetro con entronques a 45 grados de tuberías hasta de 1.22 m. de diámetro (ver plano anexo número. 7).

- Tipo 2 (U2):

El cual se usa en diámetros de hasta 2.13 m. con entronques a 45 grados de tuberías hasta de 1.52 m. de diámetro (ver plano anexo número 8).

e) Pozos caja de deflexión

Se les denomina de esta forma a aquellos pozos caja a los que concurre una tubería de entrada y tienen sólo una de salida con un ángulo de 45 grados como máximo. Se utilizan en tuberías de 1.52 a 3.05 m. de diámetro (Ver plano anexo número 9).

f) Pozos con caída adosada.

Son pozos de visita comunes, especiales o pozos caja a los cuales lateralmente se les construye una estructura menor y permiten la caída en tuberías de 20 y 25 cm. de diámetro con un desnivel hasta de 2.0 m. (Ver plano anexo número 10).

5.2.6.1.2 Pozos Prefabricados.

Este tipo de pozos se entregan en obra como una unidad completa. Su peso, relativamente ligero, asegura una fácil maniobra e instalación.

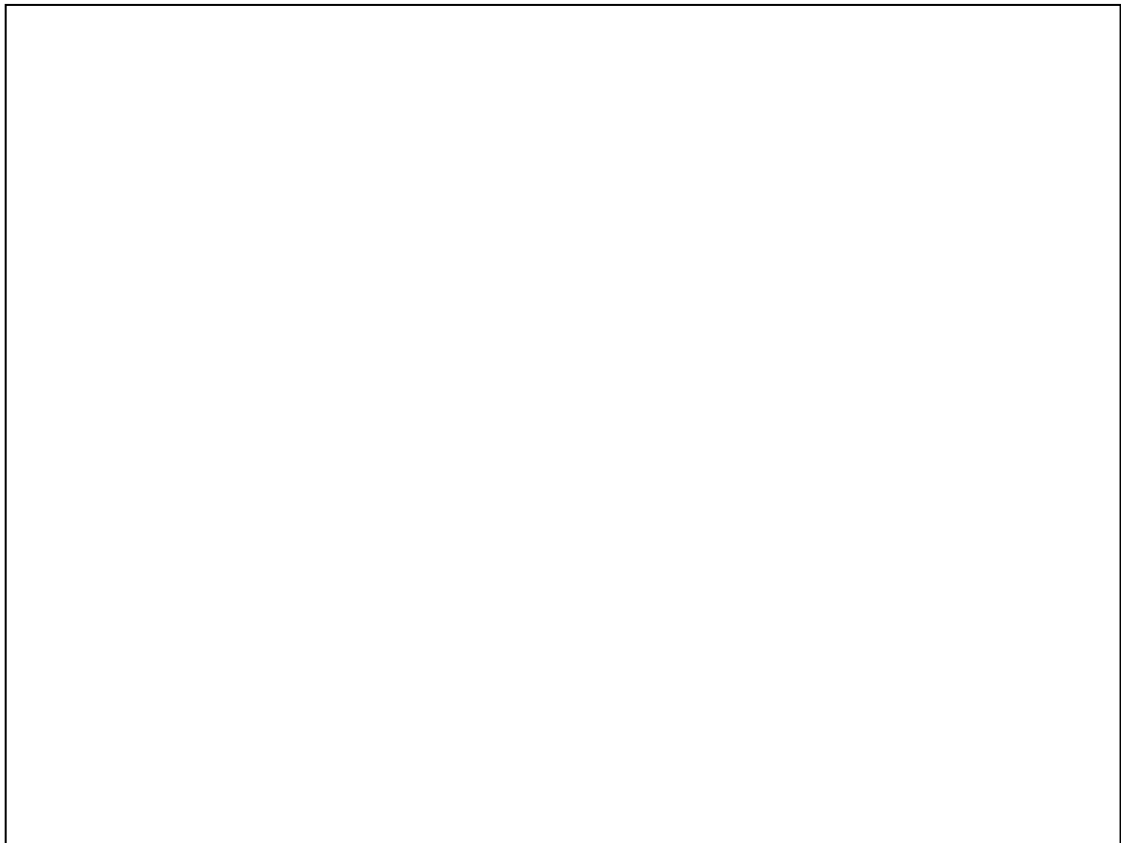
A continuación, se describirán las características de algunos tipos de pozos de visita prefabricados.

a) Pozos de fibrocemento tipo integral

La estructura de este tipo de pozos prefabricados, está constituida por un tubo, tapa inferior y conexiones de fibrocemento. La profundidad de instalación para un pozo de este tipo es de 5 m., sin embargo, se pueden construir pozos de mayor profundidad, mediante el empleo de un cople con junta hermética (ver figura 10).

Los pozos de fibrocemento se conectan a la red de alcantarillado de igual forma que la tubería de fibrocemento (los tubos se conectan a los pozos por medio del sistema de cople con anillo de hule).

Este tipo de pozos están sellados en su base con una tapa de fibrocemento lo que garantiza su hermeticidad. La losa de la parte superior de los pozos puede ser prefabricada o construida en el lugar. Adicionalmente se puede instalar en el pozo un anillo de hule, que podrá colocarse en el perímetro de la boca del pozo antes de asentar la losa de concreto, el cual sirve para dar hermeticidad al pozo y eliminar las cargas puntuales. El pozo de visita se deberá desplantar sobre una plantilla bien compactada con un espesor mínimo de 10 cm. Donde el nivel freático es alto y existe peligro de subpresión, el pozo de visita se debe asentar sobre una base de concreto para asegurar su posición.



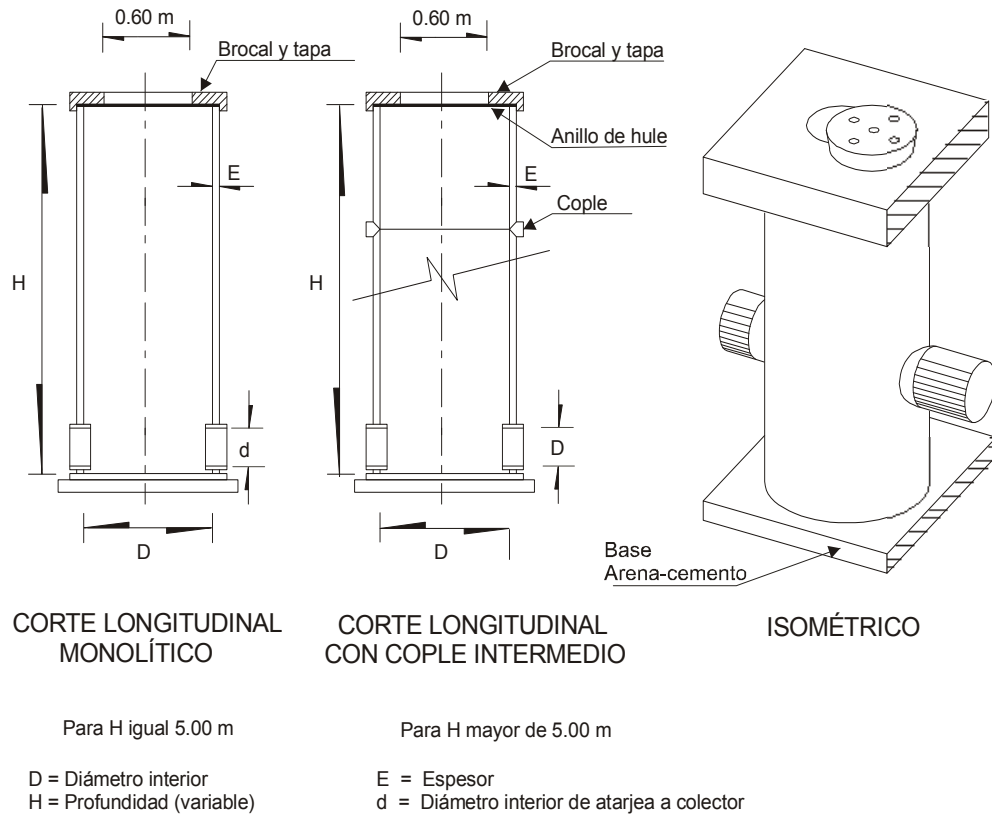


FIGURA 10. Pozo de visita de Fibrocemento.

Todas las conexiones de entrada y salida se colocan en el pozo según las especificaciones que se proporcionen al fabricante. En general los datos que se requieren son los siguientes:

- Profundidad de las tuberías del nivel del terreno natural al nivel de arrastre, en el sitio del pozo.
- Diámetro de emisor, colectores y atarjeas a conectar.

- Angulo que forman: emisor, colectores y atarjeas de entrada y salida.
- Caídas adosadas, si se requieren.

Los tipos de pozos de visita de fibrocemento integral que se fabrican son los siguientes:

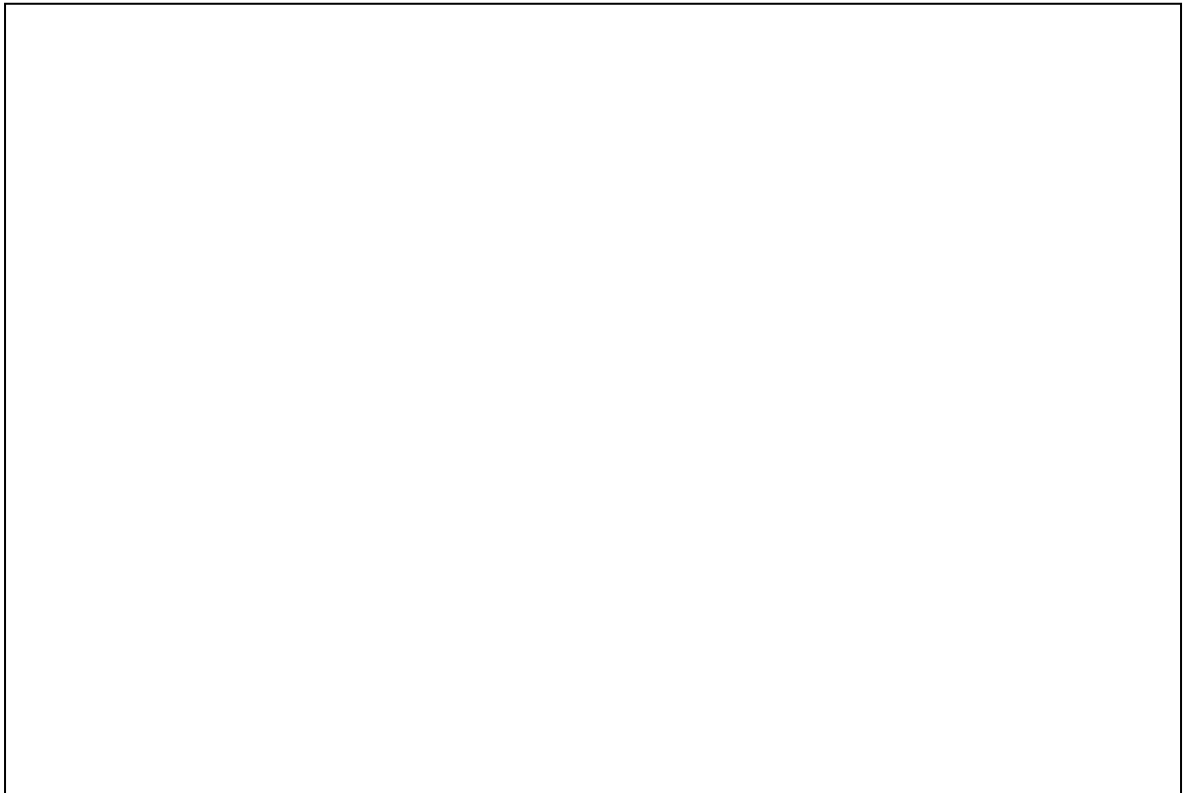
TABLA 8. Características de los pozos de visita de fibrocemento.

| TIPO DE POZO | DIÁMETRO INTERIOR "D" (m) | DIÁMETRO DE TUBERÍA "d" (m) | H RANGO (m) |
|---------------|---------------------------|-----------------------------|-------------|
| COMÚN | 1.20 | 0.20 a 0.60 | 1.00 a 5.00 |
| ESPECIAL 1 | 1.50 | 0.75 a 1.10 | 1.00 a 5.00 |
| ESPECIAL 2 | 2.00 | 1.22 a 2.00 | 1.00 a 5.00 |
| CAÍDA ADOSADA | Hasta 2.00 | 0.20 a 0.25 | 1.00 a 5.00 |

b) Pozos de concreto.

La estructura de este tipo de pozo está constituida por un tubo de concreto de altura variable con tapa inferior y un cono concéntrico de 0.6 m de altura y 0.6 m. de diámetro superior. La profundidad de instalación para un pozo de este tipo es adaptable a las necesidades del proyecto, ya que se pueden unir dos o más segmentos de tubo de longitud de 2.5 m. (acoplados con junta hermética mediante el empleo de anillo de hule).

Este tipo de pozos se fabrican con las preparaciones necesarias para poder conectarse a las tuberías de la red de alcantarillado, mediante el empleo de anillo de hule en las uniones (ver figura número 11).



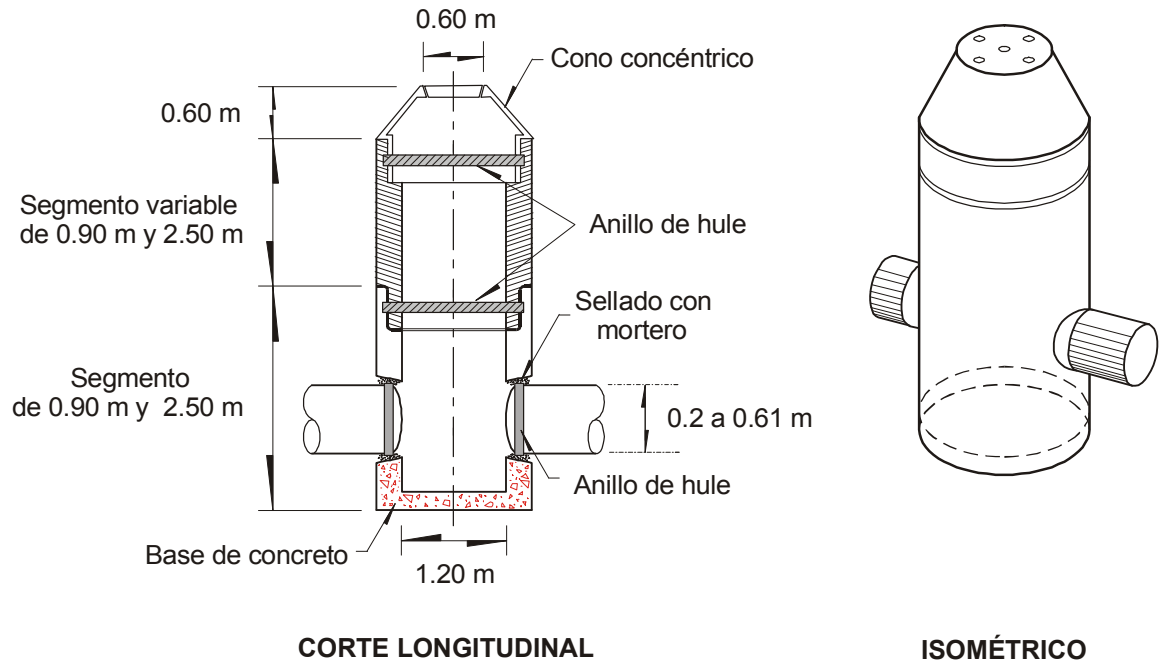


FIGURA 11. Pozo de visita de concreto prefabricado.

Los pozos de concreto están sellados en su base con una tapa del mismo material. La tapa de la parte superior de los pozos puede ser prefabricada o construida en el lugar.

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

Todas las preparaciones de entrada y salida se colocan en el pozo según las especificaciones que se proporcionen al fabricante. En general los datos que requiere el fabricante son los mismos que para los pozos de fibrocemento.

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

5.2.6.1.3 Otros tipos de pozos.

Existen otros tipos de pozos prefabricados, como son los pozos de polietileno y los pozos fibra de vidrio y poliéster, los cuales no se fabrican actualmente en México, sin embargo, son fabricados y utilizados en otros países.

5.2.6.2 Aspectos Hidráulicos a considerar en la construcción de los pozos de visita.

El número máximo de tuberías que pueden descargar en un pozo de visita son tres y debe existir una tubería de salida.

a) Separación entre pozos de visita.

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

- En tramos de 20 hasta 61 cm. de diámetro, 125 m.
- En tramos con diámetro mayor a 61 cm. y menor ó igual a 122 cm, 150 m.
- En tramos con diám. mayor a 122 cm. y menor ó igual a 305 cm., 175 m.

Estas separaciones pueden incrementarse como máximo un 10 %, dependiendo de las distancias de los cruceros de las calles.

b) Cambios de dirección.

Para los cambios de dirección, las deflexiones necesarias en los diferentes tramos de tubería se efectúan como se indica a continuación:

- Si el diámetro de la tubería es de 61 cm o menor, los cambios de dirección son hasta de 90 grados, y deben hacerse con un solo pozo común.

- Si el diámetro es mayor de 61 cm. y menor o igual que 122 cm., los cambios de dirección son hasta 45 grados, y deben hacerse con un pozo especial.

- Si el diámetro es mayor de 122 cm. y menor o igual a 305 cm., los cambios de dirección son hasta 45 grados, y deben hacerse en un pozo caja de deflexión.

- Si se requieren dar deflexiones mas grandes que las permitidas, deberán emplearse el número de pozos que sean necesarios, respetando el rango de deflexión permisible para el tipo de pozo.

5.2.7 Estructura de Caída.

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

a) Caídas libres.

En pozos de visita común, especial 1 o especial 2, la caída libre es hasta de 50cm para tuberías hasta de 25 cm. de diámetro. En éste caso, la caída libre se mide de la plantilla del tubo de llegada a la clave del tubo de salida.

En pozos común o especial 1, con tuberías de entrada y salida de 30 a 76 cm. de diámetro, la caída libre es de hasta un diámetro (el mayor). En éste caso la caída libre se mide de la plantilla del tubo de entrada a la plantilla del tubo de salida.

b) Caídas adosadas

Esta estructura se construye sobre tuberías de entrada hasta de 25 cm. de diámetro, con caídas hasta 200 cm., y se adosa a pozo común, especial 1 o especial 2. En éste caso, la caída se mide de la clave del tubo de entrada a la clave del tubo de salida.

c) Pozos con caída.

Se construyen sobre tuberías de entrada y salida de 30 a 76 cm. de diámetro; no admiten entronques y la caída es hasta de 150 cm. En éste caso, la caída se mide de la plantilla del tubo de entrada a la plantilla del tubo de salida.

d) Caída escalonada.

Se construyen sobre tuberías de entrada y salida mayores de 76 cm. de diámetro; no admiten entronques y la caída es hasta de 250 cm. En éste caso, la caída se mide de la plantilla del tubo de entrada a la plantilla del tubo de salida.

En la tabla número 9 se indica que tipo de caída debe construirse dependiendo del diámetro de la tubería y cual es la altura máxima que debe tener dicha caída.

TABLA 9. Estructuras de caída.

| TIPO DE CAÍDA | DIÁMETRO (cm) | ALTURA DE LA CAÍDA (cm) |
|---|--|-------------------------|
| Libre en pozo común especial 1 o especial 2. | Diámetro de entrada de 20 a 25 | 50 |
| Caída adosada a pozos común, especial 1 o especial 2. | Diámetro de entrada de 20 a 25 | 200 |
| Libre en pozo común o especial 1. | Diámetro de entrada y salida de 30 a 76 | Un diámetro (el mayor) |
| Pozo con caída. | Diámetro de entrada y salida de 30 a 76 | 150 |
| Estructura de caída escalonada. | Diámetro de entrada y salida mayor de 76 | 250 |

5.2.8 Estructura de descarga.

Para la disposición final o vertido de las aguas negras, se requiere la construcción de una estructura llamada estructura de descarga cuyas características dependerán del lugar elegido, del gasto por entregar, del tipo de emisor (tubería o canal), entre otros.

El vertido final del alcantarillado sanitario necesita un previo tratamiento por lo que el dimensionamiento de la estructura de descarga se hará para el gasto de producción de la planta de tratamiento. En caso de que la construcción de la planta se difiera, el diseño se hará para el gasto máximo extraordinario considerado para el emisor, así mismo se debe investigar que uso posterior se le darán a las aguas vertidas para definir el tipo de tratamiento que será necesario realizar, considerando las normas de calidad del agua existente al respecto.

Las estructuras de descarga pueden verter las aguas a presión atmosférica o en forma sumergida, y podrá hacerse a ríos, lagos, al mar, a pozos de absorción, a riego, previo tratamiento, etc.

En la elección del sitio de vertido y diseño de construcción de la estructura de descarga se debe considerar lo siguiente:

- Localización adecuada del sitio de vertido procurando que quede lo más alejada posible de la zona urbana, tomando en cuenta las zonas de crecimiento, la mejor ubicación para la planta de tratamiento y la dirección de los vientos dominantes.
- Para el caso de descarga en una corriente de agua superficial que fluctúe notablemente en su tirante, se puede diseñar una estructura con dos descargas a diferente nivel, una para un escurrimiento de tiempo seco y otra para la época de

avenidas. En todos los casos se deben de evitar los remansos del emisor de descarga, o asegurar que su funcionamiento sea adecuado en cualquier condición de operación.

- También para las descargas a corrientes superficiales se emplea generalmente la estructura de descarga enrijada, consistente en una estructura de mampostería de forma irregular, y orientada a 45 grados respecto a la corriente receptora, esta estructura cuenta con un zampeado para impedir la socavación del terreno y un muro frontal para sostener la tubería de descarga.

- Protección a la desembocadura del conducto contra corrientes violentas, tráfico acuático, residuos flotantes, oleaje y otras causas que pudieran dañar la estructura de descarga según las características del sitio de vertido.

- En general no es recomendable localizar vertidos en:

- Masas de agua en reposo; vasos de presas, lagos, estuarios o bahías pequeñas.
- Aguas arriba de una cascada o caída de agua.
- Terrenos bajos que estén alternativamente expuestos a inundación y secado.

5.2.9 Sifones invertidos.

Cuando se tienen cruces con alguna corriente de agua, depresión del terreno, estructura, tubería o viaductos subterráneos, que se encuentren al mismo nivel en que debe instalarse la tubería, generalmente se utilizan sifones invertidos (ver figura 12).

El sifón se entiende como un tubo que transporta un líquido desde un nivel hasta otro, de tal forma que el líquido hace un recorrido en forma de "U", el líquido asciende por una bomba o por otra fuerza dando paso a que la presión atmosférica de la superficie del estanque originario mantenga el líquido en movimiento.

En su diseño, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Velocidad mínima de escurrimiento de 1.20 m/s para evitar sedimentos.
- Analizar la conveniencia de emplear varias tuberías a diferentes niveles, para que, de acuerdo a los caudales por manejar, se obtengan siempre velocidades adecuadas. La tubería inicial tendrá capacidad para conducir el gasto mínimo de proyecto.

- En el caso de que el gasto requiera una sola tubería de diámetro mínimo de 20 cm., se acepta como velocidad mínima de escurrimiento la de 60 cm/s.

- Se deben proyectar estructuras adecuadas (cajas), tanto a la entrada como a la salida del sifón, que permitan separar y encauzar los caudales de diseño asignados a cada tubería.
- Se deben colocar rejillas en una estructura adecuada, aguas arriba del sifón, para detener objetos flotantes que puedan obstruir las tuberías del sifón.

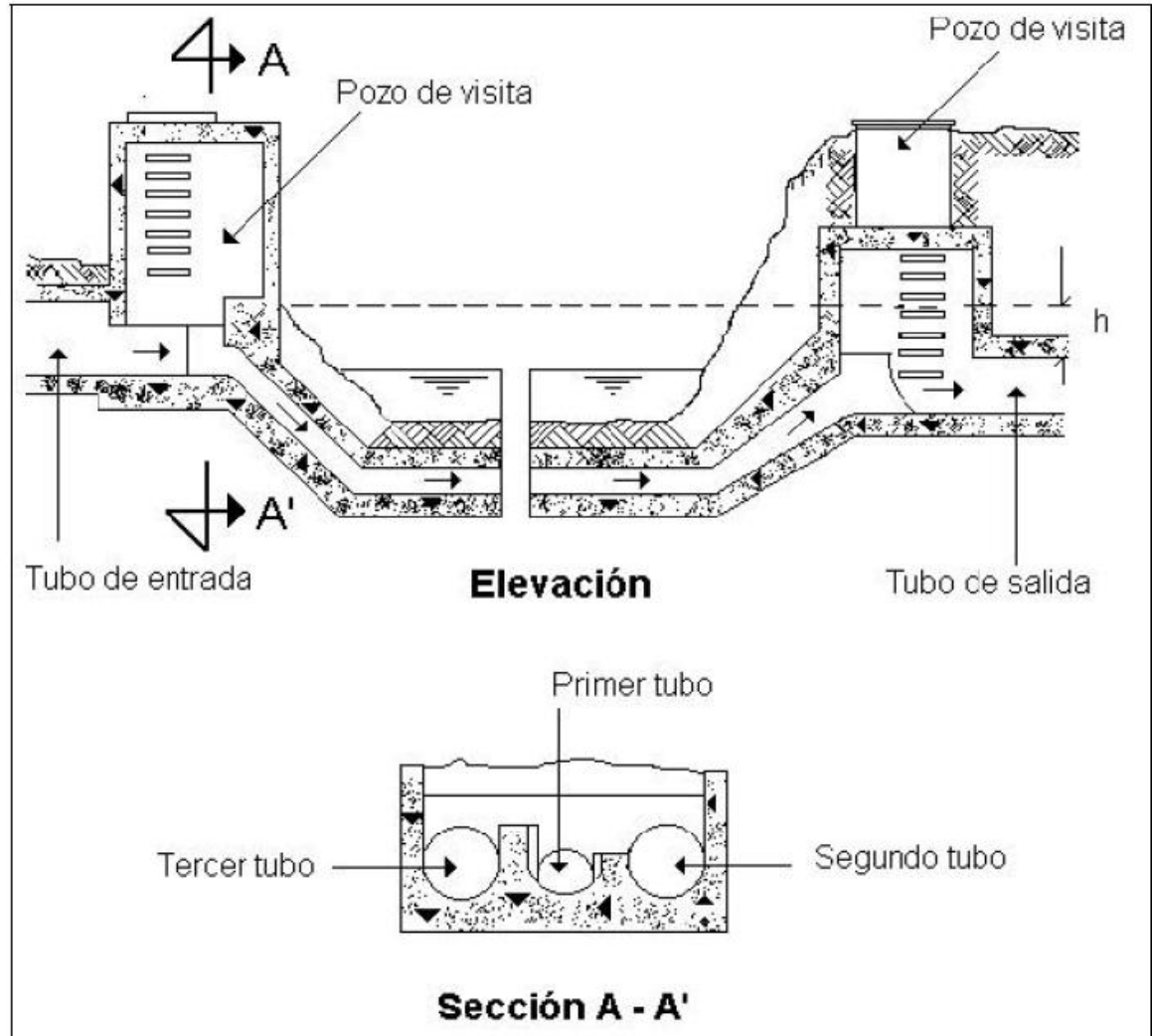


FIGURA 12. Sifón Invertido.

5.2.10 Cruces elevados.

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

polietileno; la estructura por construir puede ser un puente ligero de acero, de concreto o de madera, según el caso.

La tubería para el paso por un puente vial, ferroviario o peatonal, debe ser de acero y estar suspendida del piso del puente por medio de soportes que eviten la transmisión de las vibraciones a la tubería, la que debe colocarse en un sitio que permita su protección y su fácil inspección o reparación. A la entrada y a la salida del puente, se deben construir cajas de inspección o pozos de visita.

5.3 Planta de tratamiento.

Es indispensable evitar la polución de corrientes superficiales destinadas a los diferentes usos necesarios e indispensables para el *Desarrollo Económico de la Nación*, lo mismo que tratándose de lagos y de aguas marinas dedicadas a balnearios y sitios de recreo o pesca; y en general todas las aguas existentes en la superficie nacional y su subsuelo; por lo tanto, no se descargarán aguas negras crudas a ninguna corriente receptora sin ser tratadas previamente.

Lo anterior exige la construcción de plantas de tratamiento para aguas negras, y el proyecto de estas se elaborarán acorde a las normas que en ese aspecto emite la

Comisión Nacional del Agua (CNA), la cual contará con su propio manual de operación de acuerdo con el tipo de tratamiento que se decida emplear.

5.4 Estaciones de bombeo.

Como ya se mencionó, en ocasiones, la topografía del suelo no permite que el escurrimiento de las aguas residuales sea por gravedad en su totalidad, es así que surge la necesidad del bombeo de estas mismas aguas para trasladarlas de un punto de la red a otro.

Las estaciones de bombeo, son instalaciones integradas por infraestructura civil y electromecánica, destinadas a transferir volúmenes de aguas negras o tratadas de un determinado punto a otro, para satisfacer ciertas necesidades.

Las instalaciones civiles y electromecánicas básicas de una estación típica de bombeo son las siguientes:

- Cárcamo de bombeo
- Subestación eléctrica
- Equipo de bombeo
- Motor eléctrico.
- Controles eléctricos
- Arreglo de la descarga
- Equipo de maniobras

6. DISEÑO HIDRÁULICO.

6.1 Gastos de diseño.

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

El sistema de alcantarillado debe construirse herméticamente por lo cual no se adicionará al caudal de aguas residuales el volumen por infiltraciones.

6.1.1 Gasto medio

Es el valor del caudal de aguas residuales en un día de aportación promedio al año.

Para calcular el gasto medio de aguas negras, se requiere definir la aportación de aguas residuales de acuerdo a la tabla 3 en el apartado 4.2 (dotación de agua por clase socioeconómica de acuerdo al clima de la zona).

Como ya se vio, la aportación es el volumen diario de agua residual entregado a la red de alcantarillado, la cual es un porcentaje del valor de la dotación de agua potable y en zonas habitacionales se adopta como aportación de aguas residuales el 80 % de la dotación de agua potable, considerando que el 20 % restante se consume antes de llegar a las atarjeas.

En función de la población y de la aportación, el gasto medio de aguas negras en cada tramo de la red se calcula con:

$$Q_{med} = \frac{A_p * P}{86,400} \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

Q_{med} = Gasto medio de aguas negras en lps. (litros por segundo).

A_p = Aportación en lts/hab/día (litros por habitante al día).

P = Población en número de habitantes.

86,400 = Número de segundos al día.

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

En función del área y la aportación, el gasto medio de aguas residuales en cada tramo de la red se calcula con:

$$Q_{med} = \frac{A_p * A}{86,400} \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

A_p = Aportación en litros por metro cuadrado al día o litros por hectárea al día

A = Área de la zona industrial, comercial o pública

86,400 = Número de segundos al día

6.1.2 Gasto mínimo.

El gasto mínimo es el menor de los valores de escurrimiento que normalmente se presentan en una tubería. Este valor es igual a la mitad del gasto medio.

El menor valor permitido para gasto mínimo es 1.5 lps., lo que significa que en los tramos iniciales de las redes de alcantarillado, cuando resulten valores de gasto mínimo menores a 1.5 lps., se debe usar éste valor en el diseño. El gasto de 1.5 lps. es el que genera la descarga de un inodoro con tanque tradicional de 16 litros.

Como actualmente existe una tendencia al uso de muebles de bajo consumo, que utilizan 6 litros por descarga con un gasto promedio de 1.0 lps., se podrá utilizar éste último valor en algunos tramos iniciales de la red, siempre y cuando se asegure que en dichos tramos existen este tipo de muebles sanitarios.

6.1.3 Gasto máximo instantáneo.

El gasto máximo instantáneo es el valor máximo de escurrimiento que se puede presentar en un instante dado. Su valor, es el producto de multiplicar el gasto medio de aguas negras por un coeficiente M , que en el caso de la zona habitacional es el coeficiente de Harmon.

$$Q_{max.inst.} = M * Q_{med.} \dots\dots\dots (3)$$

En el caso de zonas habitacionales el coeficiente de Harmon (M) está dado por la siguiente fórmula:

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

Donde:

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

$M = 3.80$ (en tramos con una población acumulada menor de 1,000 habitantes).

$M = 2.17$ (para una población acumulada mayor que 63,454 habitantes).

El coeficiente M se considera constante, es decir, se acepta que su valor a partir de las cantidades en los casos descritos, no sigue la ley de variación establecida por Harmon.

El coeficiente M en zonas industriales, comerciales o públicas presenta otra ley de variación. Siempre que sea posible, debe hacerse un aforo del caudal de agua residual en las tuberías existentes para determinar sus variaciones reales. De no disponer de ésta información, el coeficiente M podrá ser de 1.5 en zonas comerciales e industriales.

6.3.4 Gasto máximo extraordinario.

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

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

En los casos en que se diseñe un sistema nuevo apegado a un plan de desarrollo urbano que impida un crecimiento desordenado y se prevea que no existan aportaciones pluviales de los predios vecinos, ya que estas serán manejadas por un sistema de drenaje pluvial por separado, el coeficiente de seguridad o factor de previsión podrá tener un valor de entre 1 y 1.2.

En los casos en que se diseñe la ampliación de un sistema existente de tipo combinado, previendo las aportaciones extraordinarias de origen pluvial, se podrá usar un coeficiente de seguridad igual a 1.5.

Para el cálculo del gasto máximo extraordinario se tiene:

$$Q_{max.ext.} = C_s * Q_{max.inst.} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

C_s = Coeficiente de seguridad adoptado o factor de previsión.

$Q_{max.inst.}$ = Gasto máximo instantáneo

6.2 Variables Hidráulicas.

6.2.1 Velocidades Permisibles.

En el diseño hidráulico de un alcantarillado lo ideal es tener excavaciones mínimas y no requerir de la utilización de equipo de bombeo, pero esto no siempre se puede lograr debido a las características topográficas de cada región. De aquí, se desprende que en el estudio de la solución óptima sea necesario tener en consideración los límites permisibles para velocidades de conducción con el objeto de asegurar el buen funcionamiento de la tubería y de las estructuras del sistema.

a) Velocidad mínima.

La velocidad mínima se considera aquella con la cual no se permite depósito de sólidos en las atarjeas que provoquen azolves y taponamientos. La velocidad mínima permisible es de 0.3 m/s, considerando el gasto mínimo calculado según se indica en el apartado 6.1.2. Adicionalmente, debe asegurarse que el tirante calculado bajo estas condiciones, tenga un valor mínimo de 1.0 cm. en casos de pendientes fuertes y de 1.5 cm. en casos normales.

b) Velocidad máxima.

La velocidad máxima es el límite superior de diseño, con el cual se trata de evitar la erosión de las paredes de las tuberías y estructuras. La velocidad máxima permisible para los diferentes tipos de material se muestra en la tabla 10. Para su revisión se utiliza el gasto máximo extraordinario calculado según se indica en el apartado 6.1.4.

TABLA 10. Velocidades permisibles en los diferentes tipos de materiales para tubería.

| MATERIAL DE LA TUBERÍA | VELOCIDAD PERMISIBLE (m/s) | |
|------------------------|----------------------------|--------|
| | MÍNIMA | MÁXIMA |
| Concreto Simple | 0.3 | 3.0 |
| Concreto Reforzado | 0.3 | 3.5 |
| Fibrocemento | 0.3 | 5.0 |
| Acero | 0.3 | 5.0 |
| Polietileno | 0.3 | 5.0 |
| PVC | 0.3 | 5.0 |

El limitar las velocidades tiene el objeto de evitar la generación de gas hidrógeno sulfurado, que es muy tóxico y aumenta los malos olores en las aguas así como reducir los efectos de la erosión en las paredes de los conductos.

En el caso del PVC los gases generados por la conducción de las aguas en este rango de velocidades no lo afectan, además de soportar la abrasión.

6.2.2 Pendientes permisibles.

El objeto de limitar los valores de pendientes es evitar, hasta donde sea posible, el azolve y la erosión de las tuberías, así mismo las pendientes de las tuberías deberán seguir hasta donde sea posible el perfil del terreno con objeto de tener excavaciones mínimas.

Como pendiente mínima permisible se considerará aquella necesaria para tener una velocidad de 0.3 m/s con un gasto de 1 lps. y un tirante mínimo de 1.5 cm. En los casos especiales en donde la pendiente del terreno sea muy fuerte, es conveniente que para el diseño se consideren tuberías que permitan velocidades altas, y se debe hacer un estudio técnico económico de tal forma que se pueda tener sólo en casos extraordinarios y en tramos cortos velocidades de hasta 8 m/s.

En la tabla 11 aparecen las pendientes permisibles para los diferentes tipos de tubería PVC tanto en serie Inglesa como Métrica. Los datos para pendiente mínima son gasto mínimo y velocidad mínima (0.3 m/s); para pendiente máxima, se uso velocidad máxima (5 m/s) y un 82 % de tubería llena.

Estas pendientes solo podrán modificarse en casos especiales, siempre y cuando se haga un previo análisis particular y justificación en cada caso.

TABLA 11. Pendientes permisibles para los diferentes tipos de tubería PVC.

| COEF. DE FRICCIÓN (n=0.009) | | | | | | |
|-------------------------------|-------|------------------|-------------------|------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| SERIE | LÍNEA | DIÁMETRO | | GASTO MÍNIMO (lps.) | PENDIENTE | |
| | | NOMINAL (cm.) | INTERIOR (mm.) | | MÍNIMA (v = 0.3 m/s) (mm / m) | MÁXIMA (v = 5 m/s) (mm / m) |
| INGLESA | 35 | 15 | 150.2 | 1.0 | 1.22 | 124.66 |
| | | 20 | 201.2 | 1.0 | 1.34 | 84.38 |
| | | 25 | 251.5 | 1.0 | 1.45 | 62.65 |
| | | 30 | 299.3 | 2.0 | 0.86 | 49.67 |
| | 41 | 15 | 151.6 | 1.0 | 1.22 | 123.05 |
| | | 20 | 203.0 | 1.0 | 1.34 | 83.33 |
| | | 25 | 253.7 | 1.0 | 1.46 | 61.89 |
| | | 30 | 302.1 | 2.0 | 0.86 | 49.02 |
| | 51 | 15 | 153.2 | 1.0 | 1.22 | 121.24 |
| | | 20 | 205.0 | 1.0 | 1.35 | 82.19 |
| | | 25 | 256.5 | 1.0 | 1.46 | 61.01 |
| | | 30 | 305.1 | 2.0 | 0.87 | 48.35 |
| MÉTRICA | 16.5 | 11 | 103.6 | 1.0 | 1.12 | 204.28 |
| | | 16 | 150.6 | 1.0 | 1.22 | 123.99 |
| | | 20 | 188.2 | 1.0 | 1.31 | 92.07 |
| | | 25 | 235.4 | 1.0 | 1.42 | 68.27 |
| | | 31.5 | 296.6 | 2.0 | 0.85 | 50.17 |
| | | 40 | 376.6 | 2.0 | 0.93 | 36.49 |
| | | 50 | 470.8 | 4.0 | 0.56 | 27.09 |
| | | 63 | 593.2 | 5.0 | 0.51 | 19.90 |
| | 20 | 11 | 104.0 | 1.0 | 1.12 | 203.23 |
| | | 16 | 152.0 | 1.0 | 1.22 | 122.35 |
| | | 20 | 190.2 | 1.0 | 1.32 | 90.72 |
| | | 25 | 237.6 | 1.0 | 1.43 | 67.39 |
| | | 31.5 | 299.6 | 2.0 | 0.86 | 49.48 |
| | | 40 | 380.4 | 2.0 | 0.94 | 35.98 |
| | | 50 | 475.4 | 4.0 | 0.57 | 26.72 |
| | | 63 | 599.2 | 5.0 | 0.51 | 19.62 |
| | 25 | 11 | 104.0 | 1.0 | 1.12 | 203.23 |
| | | 15 | 153.6 | 1.0 | 1.23 | 120.55 |
| | | 20 | 192.9 | 1.0 | 1.32 | 89.39 |
| | | 25 | 240.2 | 1.0 | 1.44 | 66.38 |
| | | 31.5 | 312.6 | 2.0 | 0.90 | 48.78 |
| | | 40 | 384.4 | 2.0 | 0.94 | 35.45 |
| | | 50 | 480.4 | 4.0 | 0.57 | 26.33 |
| | | 63 | 605.4 | 5.0 | 0.51 | 19.35 |
| PARED ESTRUCTURADA | 16 | 151.0 | 1.0 | 1.22 | 122.19 | |
| | 20 | 189.2 | 1.0 | 1.31 | 90.72 | |
| | 25 | 236.8 | 1.0 | 1.42 | 67.39 | |
| | 31.5 | 298.4 | 2.0 | 0.86 | 49.53 | |

6.2.3 Diámetros.

a) Diámetro mínimo.

La experiencia en la conservación y operación de los sistemas de alcantarillado a través de los años, ha demostrado que para evitar obstrucciones, el diámetro mínimo en las tuberías debe ser de 20 cm.

b) Diámetro máximo.

Está en función de varios factores, entre los que destacan: el gasto máximo extraordinario de diseño, las características topográficas y de mecánica de suelos de cada localidad en particular, el tipo de material de la tubería y los diámetros comerciales disponibles en el mercado.

En cualquier caso, la selección del diámetro depende de las velocidades permisibles, aprovechando al máximo la capacidad hidráulica del tubo trabajando a superficie libre.

7. ZANJAS Y PLANTILLAS PARA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS.

7.1 Zanjas.

Las zanjas son aquellas excavaciones realizadas con el propósito de alojar dentro de ellas la tubería. Para obtener la máxima protección de la tubería se recomienda que estas se instalen en zanjas. Además de la protección contra el paso de vehículos, en el tipo de instalación que se adopte, se deberán considerar otros factores relacionados con la protección de la línea, como son el deterioro o maltrato causado por animales y personas, la exposición a los rayos solares, variación de la temperatura, fenómenos naturales, etc.

Para determinar el ancho de la zanja para alojar las tuberías, se hará con cualquiera de los siguientes criterios:

- Para tuberías con diámetro exterior menor a 50cm., el ancho de la zanja será el diámetro exterior más 50 cm.

- Para tuberías con diámetro exterior mayor o igual a 50 cm., el ancho de la zanja será el diámetro exterior más 60 cm.

Los anchos de zanja que resulten de los cálculos se deberán redondear a múltiplos de cinco.

En la tabla 14 se presentan anchos de zanja que en general cumple con estos criterios, sin embargo los valores se deben verificar.

Es indispensable que a la altura del lomo del tubo, la zanja tenga realmente el ancho que se indica en el tabla 14; a partir de este punto puede dársele a sus paredes el talud necesario para evitar el empleo de ademe. Si resulta conveniente el empleo de ademe, el ancho de la zanja debe ser igual al indicado en la tabla 14 más el ancho que ocupe el ademe.

La profundidad de instalación de los conductos queda definida por:

- La topografía
- El trazo
- Los colchones mínimos
- Las velocidades mínima y máxima
- Las pendientes del proyecto
- La existencia de conductos de otros servicios
- Las descargas domiciliarias
- La economía de las excavaciones
- La resistencia de las tuberías a cargas exteriores

Las profundidades a las cuales se instalen las tuberías deben estar comprendidas dentro del ámbito de la mínima y la máxima.

Cuando se presente un cruce del alcantarillado sanitario con una tubería que conduce agua potable, la tubería del alcantarillado debe ir a mayor profundidad que la de agua potable.

a) Profundidad Mínima.

La profundidad mínima o colchón mínimo será de 70 cm. en tuberías de hasta 51 mm. de diámetro y en adelante será igual al diámetro exterior del tubo, más 5 cm., más el colchón indicado en la tabla 12.

Las profundidades o colchones mínimos recomendados para los diversos tipos de tubería de PVC se indican en la tabla 14.

La profundidad mínima la rigen 2 factores:

- Evitar rupturas del conducto ocasionadas por cargas vivas (condiciones de tráfico), mediante un colchón mínimo que es función del diámetro del tubo como se presenta en la tabla 12. Para definir el colchón mínimo deberá realizarse un análisis en cada caso particular. Los colchones mínimos indicados podrán modificarse en casos especiales, con un previo análisis y justificación para cada caso. Los principales factores que intervienen para modificar el colchón son: material de la tubería, tipo de terreno y las cargas vivas probables.

- Permitir la correcta conexión del 100 % de las descargas domiciliarias al sistema de alcantarillado, con la consideración de que el albañal exterior tendrá

como mínimo una pendiente geométrica de 1 % y que el registro interior más próximo al paramento del predio tenga una profundidad mínima de 60cm.

TABLA 12. Profundidad mínima de acuerdo al diámetro nominal.

| DIÁMETRO NOMINAL DEL TUBO (cm) | COLCHÓN MÍNIMO (m) |
|-----------------------------------|-----------------------|
| Hasta 45 | 0.9 |
| Mayor de 45 y hasta 122 | 1.0 |
| Mayor de 122 y hasta 183 | 1.3 |
| Mayor de 183 | 1.5 |

TABLA 13. Colchones mínimos recomendados para tubería PVC.

| DIÁMETRO NOMINAL | TIPO DE TUBERÍA PVC | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| | ANCHO DE ZANJA | | | PLANTILLA | | | COLCHON MÍNIMO | | |
| | PVC (S.I.) | PVC (S.M.) | PVC (P.E.) | PVC (S.I.) | PVC (S.M.) | PVC (P.E.) | PVC (S.I.) | PVC (S.M.) | PVC (P.E.) |
| cm | cm | cm | cm | Cm | Cm | Cm | cm | cm | cm |
| 10 | 60 | | | 15 | | | 90 | | |
| 11 | | 60 | | | 15 | | | 90 | |
| 15 | 60 | | | 15 | | | 90 | | |
| 16 | | 60 | 60 | | 15 | 15 | | 90 | 80 |
| 20 | 60 | 60 | 60 | 15 | 15 | 15 | 90 | 90 | 80 |
| 25 | 65 | 65 | 65 | 15 | 15 | 15 | 90 | 90 | 80 |
| 30 | 70 | | | 15 | | | 90 | | |
| 31.5 | | 70 | 70 | | 15 | 15 | | 90 | 80 |
| 37.5 | 80 | | | 15 | | | 90 | | |
| 40 | | 80 | | | 15 | | | 90 | |
| 45 | 85 | | | 15 | | | 90 | | |
| 50 | | 90 | | 15 | 15 | | | 100 | |
| 52.5 | 90 | | | 15 | | | 90 | | |
| 60 | 100 | | | 15 | | | 90 | | |
| 63 | | 105 | | | 15 | | | 100 | |

Nomenclatura de Tabla 13:

S.I. = Sistema Ingles; S.M. = Sistema Métrico; P.E. = Pared Estructurada.

b) Profundidad máxima.

La profundidad máxima será aquella que no ofrezca mayores dificultades constructivas durante la excavación, de acuerdo con la estabilidad del terreno en que quedará alojado el conducto y variará en función de las características particulares de la resistencia a la compresión o rigidez de las tuberías, haciendo un análisis respectivo en el que se tomará en cuenta el peso volumétrico del material de relleno, las posibles cargas vivas y el factor de carga proporcionado por la plantilla de apoyo a usar (“A” o “B”).

En el caso de atarjeas se debe determinar con un estudio económico comparativo entre el costo de instalación del conducto principal con sus albañales correspondientes, y el de la atarjea o atarjeas laterales, incluyendo los albañales respectivos; no obstante, la experiencia ha demostrado que entre 3.0 y 4.0 metros de profundidad, el conducto principal puede recibir directamente los albañales de las descargas y que a profundidades mayores, resulta más económico el empleo de atarjeas laterales.

Algunas tuberías fabricadas con materiales como son el caso del asbesto-cemento, fierro galvanizado, fierro dúctil o acero pueden alojarse en zanja para asegurar su máxima protección, solo en casos excepcionales se podrán instalar superficialmente, siempre y cuando se garantice su protección y seguridad, pero en el caso de las tuberías PVC, éstas siempre deberá instalarse en zanja.

7.2 Plantillas.

Deberá colocarse una cama de material seleccionado libre de piedras, para el asiento total de la tubería, de tal forma que no se provoquen esfuerzos adicionales a ésta.

La plantilla o cama consiste en un piso de material fino, colocado sobre el fondo de la zanja, que previamente ha sido arreglado con la concavidad necesaria para ajustarse a la superficie externa inferior de la tubería, en un ancho cuando menos igual al 60 % de su diámetro exterior (Figura 13). El resto de la tubería debe ser cubierta hasta una altura de 30 cm. arriba de su lomo con material granular fino colocado a mano y compactado cuidadosamente con equipo manual y humedad óptima, llenando todos los espacios libres de abajo y adyacentes a la tubería (acostillado). Este relleno se hace en capas que no excedan de 15 cm. de espesor (Figura 13). El resto de la zanja podrá ser

rellenado a volteo, o compactado según sea el caso: si la tubería se instala en zona urbana con tránsito vehicular intenso todo el relleno será compactado, y si se instala en zonas rurales o con poco tránsito vehicular, el relleno se hará a volteo.

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

Los espesores de plantilla (h) para tuberías de alcantarillado y agua potable se muestran en la tabla 14; el espesor mínimo sobre el eje vertical de la tubería será de 5 cm. En caso de instalar tubería de acero y si la superficie del fondo de la zanja lo permite, no es necesaria la plantilla. En lugares excavados en roca o tepetate duro, se preparará la plantilla de material suave que pueda dar un apoyo uniforme al tubo, con tierra o arena suelta.

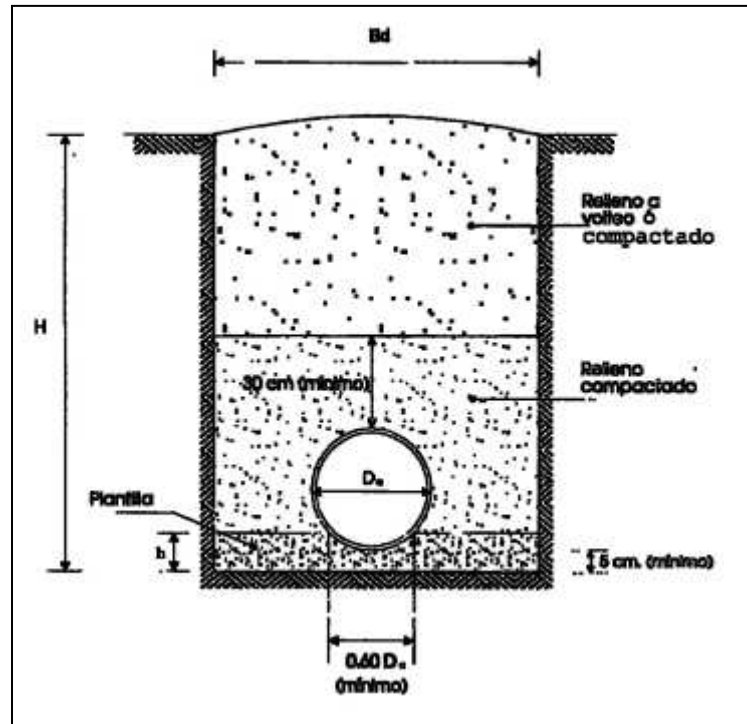


FIGURA 13. Plantilla y relleno de zanja.

7.2.1 Tipos de Plantillas.

a) Plantilla Clase "A".

En este método de encamado, la parte exterior e inferior de la tubería debe apoyarse en concreto simple, cuyo espesor mínimo en la parte mas baja del tubo, debe ser de un cuarto de diámetro interior de la tubería. El concreto se

extiende hacia arriba, por ambos lados de la tubería, hasta una altura que puede ser mayor que el diámetro exterior pero no menor de un cuarto de este.

Se clasifica también como *clase "A"* a la cama de arena húmeda compactada, ya que produce efectos comparables al del concreto simple.

El factor de carga para efectuar su revisión estructural es de 2.25.

b) Plantilla Clase "B".

En este tipo de encamado la tubería se apoya en un piso de material fino (arena generalmente), colocado sobre el fondo de la zanja, al cual se le ha dado previamente la forma cóncava adecuada para recibir la parte inferior de la tubería, en un ancho de cuando menos 60 % de su diámetro exterior. El espesor mínimo sobre el eje vertical de la tubería será de 5 cm.

Este tipo de encamado se usará en el tendido de todas las tuberías, salvo los casos en que se requiera usar una plantilla *clase A* (especial). Los espesores (*h*) de plantilla *clase "B"* se presentan en la tabla 14 para diferentes diámetros.

TABLA 14. Dimensiones de zanjas y espesor de plantilla para instalación de tubería de alcantarillado y agua potable.

| DIÁMETRO NOMINAL DE TUBERÍA (cm) (pulgadas) | | ANCHO DE ZANJA "Bd" (cm) | PROFUNDIDAD DE ZANJA "H" (cm) | ESPESOR DE PLANTILLA (cm) | VOLUMEN DE EXCAVACIÓN (m ³ /m) |
|--|-----|--------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--|
| 2.5 | 1 | 50 | 70 | 5 | 0.35 |
| 3.8 | 1.5 | 55 | 70 | 5 | 0.39 |
| 5.1 | 2 | 55 | 70 | 5 | 0.39 |
| 6.3 | 2.5 | 60 | 100 | 7 | 0.60 |
| 7.5 | 3 | 60 | 100 | 7 | 0.60 |
| 10.0 | 4 | 60 | 105 | 10 | 0.63 |
| 15.0 | 6 | 70 | 110 | 10 | 0.77 |
| 20.0 | 8 | 75 | 115 | 10 | 0.86 |
| 25.0 | 10 | 80 | 120 | 10 | 0.96 |
| 30.0 | 12 | 85 | 125 | 10 | 1.06 |
| 35.0 | 14 | 90 | 130 | 10 | 1.17 |
| 40.0 | 16 | 95 | 140 | 10 | 1.33 |
| 45.0 | 18 | 110 | 145 | 10 | 1.60 |
| 50.0 | 20 | 115 | 155 | 11 | 1.78 |
| 61.0 | 24 | 130 | 165 | 13 | 2.15 |
| 76.0 | 30 | 150 | 185 | 14 | 2.77 |
| 91.0 | 36 | 170 | 210 | 15 | 3.57 |
| 107.0 | 42 | 190 | 230 | 17 | 4.37 |
| 122.0 | 48 | 210 | 245 | 20 | 5.14 |
| 162.0 | 60 | 250 | 300 | 23 | 7.50 |
| 183.0 | 72 | 280 | 340 | 27 | 9.52 |
| 213.0 | 84 | 320 | 380 | 30 | 12.16 |
| 244.0 | 98 | 350 | 415 | 34 | 14.53 |

8. FÓRMULAS DE DISEÑO.

8.1 Fórmula de Manning.

Para el cálculo hidráulico del alcantarillado se utiliza la fórmula de Manning, llamada así en honor al ingeniero Irlandés Robert Manning, ya que es la que mejor simula el comportamiento del flujo a superficie libre, condición que específicamente debe presentarse en la red de atarjeas y en las tuberías del alcantarillado sanitario.

La ecuación de Manning es el resultado del proceso de un ajuste de curvas, y por tanto es completamente empírica en su naturaleza. Debido a su simplicidad de forma y a los resultados satisfactorios que arroja para aplicaciones prácticas, la fórmula Manning se ha hecho la más usada de todas las fórmulas de flujo uniforme para cálculos de escurrimiento en canales abiertos. La fórmula es la siguiente:

$$V = \frac{I}{n} R_h^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

V = Velocidad en m/s.

R_h = Radio hidráulico, en m.

S = Pendiente del gradiente hidráulico, adimensional.

n = Coeficiente de “fricción” o de Manning, adimensional.

El coeficiente de fricción “ n ” representa las características internas de la superficie de la tubería, su valor depende del tipo de material, calidad del acabado y el estado de la tubería, en la tabla 15 se presentan algunos de los valores del coeficiente “ n ” de acuerdo a los diferentes tipos de materiales de tubería para ser usados en la fórmula de Manning:

Tabla 15. Coeficientes de fricción para diversos tipos de tuberías.

| Material | Coeficiente de fricción “n” |
|------------------------------|---|
| PVC | 0.009 |
| Polietileno de alta densidad | 0.009 |
| Asbesto – Cemento | 0.010 |
| Fierro fundido nuevo | 0.013 |
| Fierro fundido usado | 0.017 |
| Concreto liso | 0.012 |
| Concreto Presforzado | 0.012 |
| Acero sin revestimiento | 0.014 |
| Acero Galvanizado | 0.014 |

El radio hidráulico se calcula con la expresión:

$$R_h = \frac{A}{P_m} \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

A = Área transversal del flujo, en m².

P_m = Perímetro mojado, en m.

8.2 Formula de Hazen – Williams

$$V = 0.355 C D^{0.63} S^{0.54} \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

D = Diámetro de la tubería

C = Coeficiente de Rugosidad de la tubería según Hazen – Williams

Tabla 16. Coeficiente de rugosidad de Hazen y Williams (C)

| Material | “C” Obras nuevas □ 10 años | “C” Obras viejas □ 10 años |
|---|----------------------------|----------------------------|
| Asbesto-cemento. | 135 | 125 |
| Concreto. | 1 30 | 120 |
| Fierro fundido y/o acero, con Recubrimiento interior epoxy. | 125 | 115 |
| Hierro dúctil, con recubrimiento interior de mortero. | 135 | 125 |
| P.V.C. (poli cloruro de vinilo). | 150 | 140 |
| Polietileno de alta densidad. | 150 | 140 |

9. USO DEL PROGRAMA INFORMÁTICO *CivilCAD* EN REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

9.1 Generalidades.

- Reconoce redes de alcantarillado dibujadas con líneas, insertando símbolo de pozo de visita en vértices, con la opción de indicar el tipo de línea, capa y color.

- La dirección del flujo en tuberías se establece de acuerdo a la rasante indicada en pozos de visita o se puede indicar manualmente.

- Las curvas sanitarias en la plantilla de los pozos se dibuja automáticamente de acuerdo a la dirección del flujo de las tuberías.

- Anota cotas de terreno, clave, plantilla y profundidad en pozos de visita, longitud-pendiente-diámetro en tuberías y símbolos de caída libre y adosada con las respectivas cotas clave.

- Puede calcular la distribución de población de proyecto proporcionalmente a la longitud, unidades drenadas o área tributaria acumulada en tramos.

- Calcula diámetro y pendiente en tuberías, además de gasto mínimo, medio y máximo previsto pudiéndose considerar pérdidas por conexiones erradas e infiltración.

- Obtiene velocidades y tirantes (espejo de agua) mínimos y máximos a partir de la de la relación de gasto, velocidades y tirantes.

- Calcula volúmenes de excavación, plantilla y relleno de acuerdo al diámetro y profundidad media de las tuberías.

- Cuenta con un editor gráfico de perfiles donde se pueden modificar cotas de terreno, clave y batea además de longitud, pendiente y diámetro en tuberías. Opcionalmente se puede generar el dibujo de perfiles en *AutoCAD* indicando escala vertical y horizontal.

- Genera una tabla de cálculo con los resultados obtenidos y datos generales de proyecto. Esta tabla se muestra en la hoja de cálculo *DataCalc* incluida en *CivilCAD*, y puede ser exportada a *Excel 95/97/2000* o texto delimitado por comas.

- Ha sido programado utilizando lenguaje *ARX/Visual Lisp*, resultando un procesamiento de datos más rápido y eficiente.

- Puede procesar un número ilimitado de nodos y tramos de tuberías.

- Cuenta con una librería de detalles sanitarios y simbología para insertarse en los planos ejecutivos.

9.2 Introducción al problema planteado.

Una vez recopilada toda la información necesaria para poder realizar el cálculo y diseño de una red de alcantarillado usando *CivilCAD* (capítulos 1 - 8), se planteará un ejemplo para poder visualizar las opciones y herramientas que el mismo programa nos brinda.

Se propondrá un ejercicio para ilustrar el procedimiento básico para el cálculo redes de alcantarillado usando *CivilCAD*:

Se proyecta una pequeña colonia a la cual denominaremos *Colonia del Mar* la cual consta de 480 unidades habitacionales y 4 áreas comerciales, así como una gran zona de recreación (parque).

Los detalles de dimensiones de lotes, manzanas y calles se mostrarán en el capítulo siguiente.

Nota: Las unidades de longitud están expresadas en metros y las de área en hectáreas.

9.3 Detalles de Dimensiones.

Los detalles de dimensiones de lotes, manzanas, calles y camellones así como zonas comerciales se mostraran a continuación:

b) Lotes de 7.29 m x 20 m.

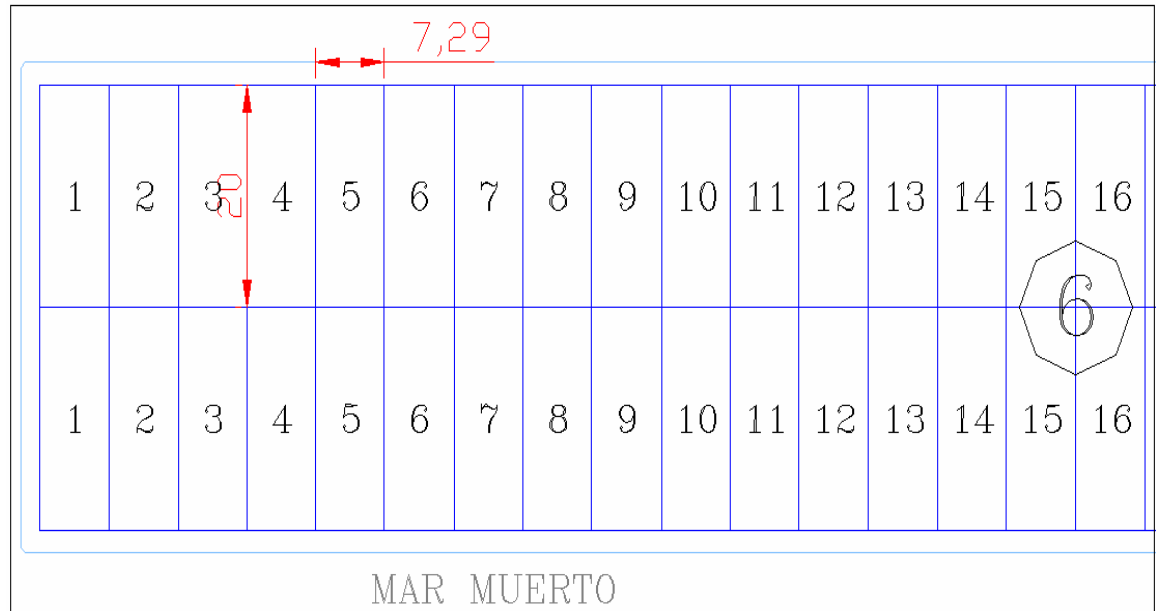


FIGURA 16. Lotes tipo 2.

9.3.2 Manzanas.

Todas las manzanas incluyen un ancho de banqueta de 2 metros en todo su perímetro.

a) Manzanas de 124 m x 44 m.

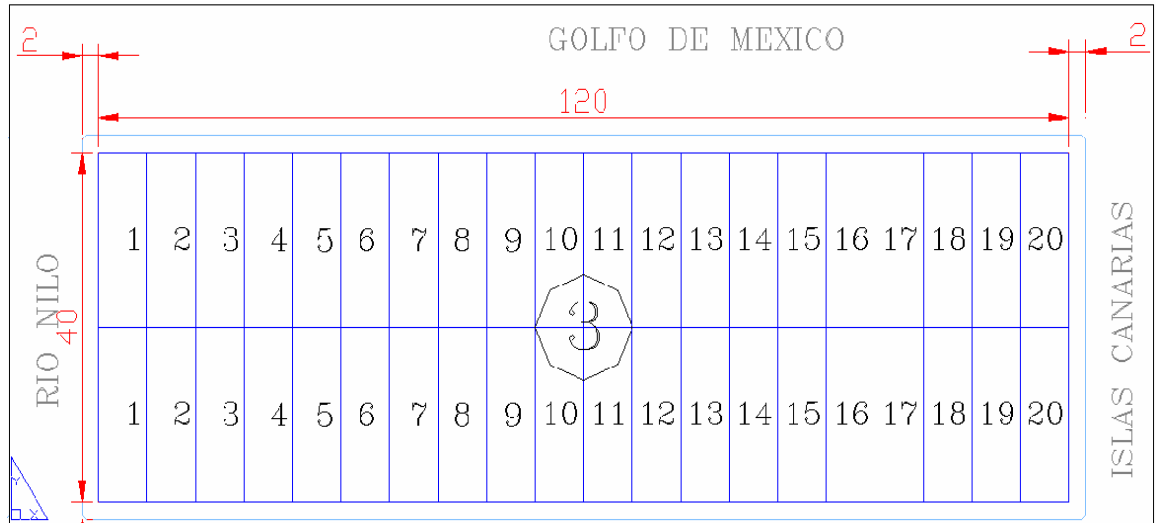


FIGURA 17. Manzana tipo 1.

b) Manzanas de 257 m x 44 m.

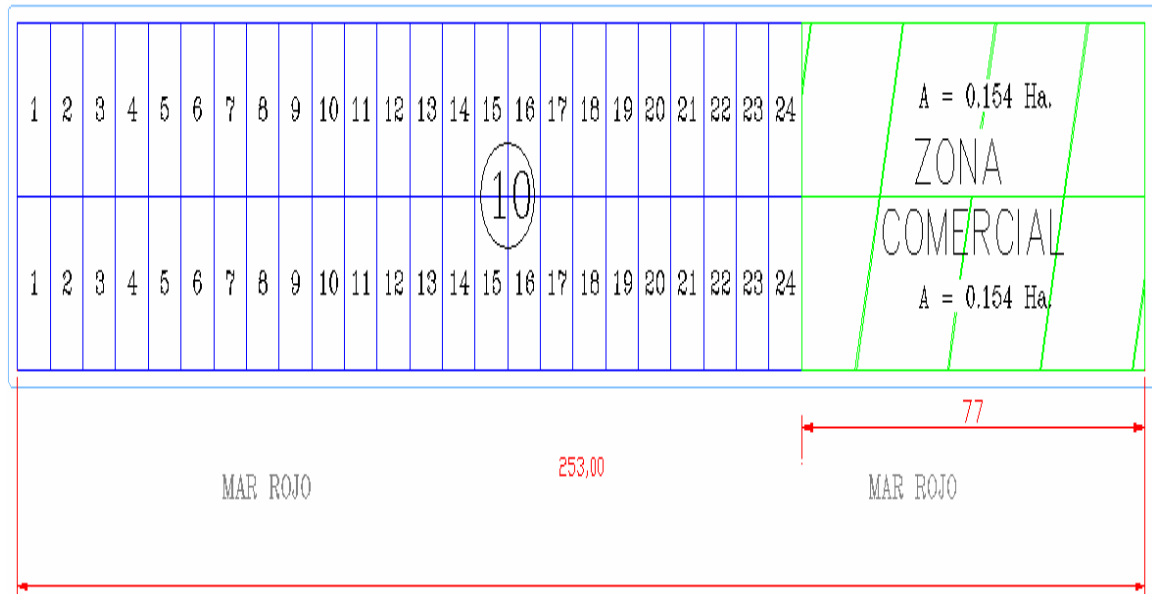


FIGURA 18. Manzana tipo 2.

9.3.3 Calles y camellones.

Todos los anchos de calle son de 9 m.

a) Calles con un ancho de camellón de 5 m.

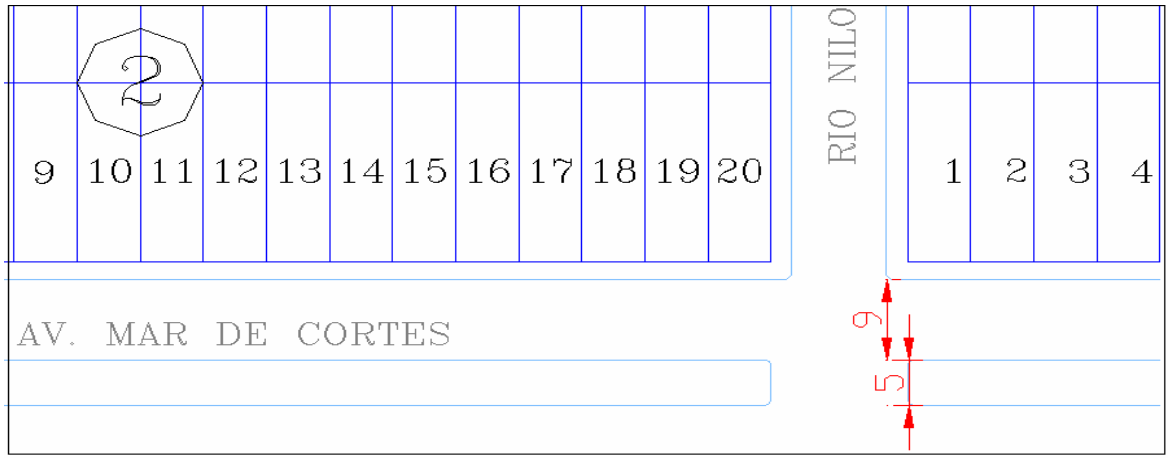


FIGURA 19. Camellón tipo 1.

b) Con un ancho de camellón de 18 m.

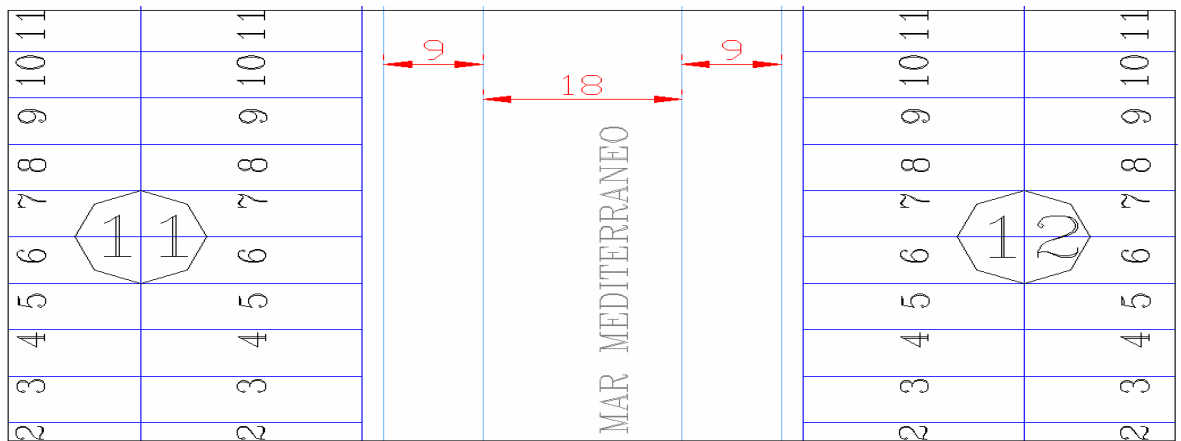


FIGURA 20. Camellón tipo 2.

9.3.4 Zonas Comerciales.

a) Zona comercial con un área total de 3,080m² (0.380 hectáreas).

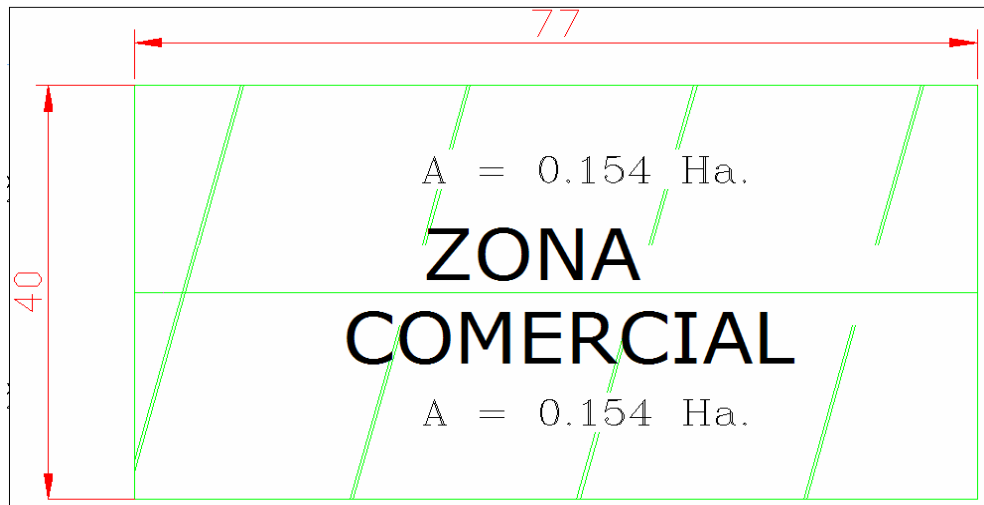


FIGURA 21. Área comercial tipo 1.

b) Zona comerciales con un área de 960 m² (0.096 hectáreas).

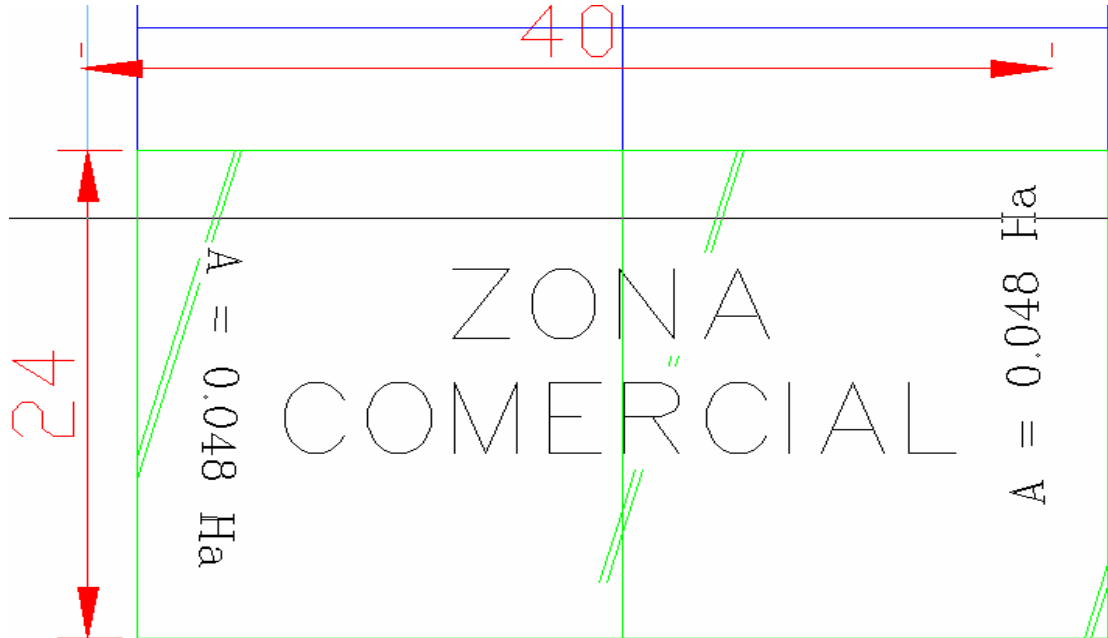


FIGURA 22. Área comercial tipo 2.

9.4 Preparar el área de trabajo e impresión.

Utilice la rutina *CivilCAD* → *Preparar hoja*, para preparar el área de trabajo.

Es importante centrar el dibujo en la pantalla antes de aplicar esta rutina, de esta manera, el dibujo quedará centrado en el área de trabajo creada.

Esta opción contiene 5 diferentes opciones de tamaños de hoja:

A.- Carta (8.5"x11")

D.- (24"X36")

B.- Doble Carta (17"x11")

E.- (36"X48")

C.- Tabloide (17"x13")

Tras elegir un tamaño de hoja, el programa nos pedirá seleccionar una posición vertical u horizontal del marco creado para delimitar nuestra área de trabajo.

Por último debemos escoger la escala a la cual trabajaremos.

Para nuestro ejemplo, utilizaremos una hoja *tipo "D"*, posición horizontal del marco y una escala de 1:1,000 (ver figura 23 o anexo 12).

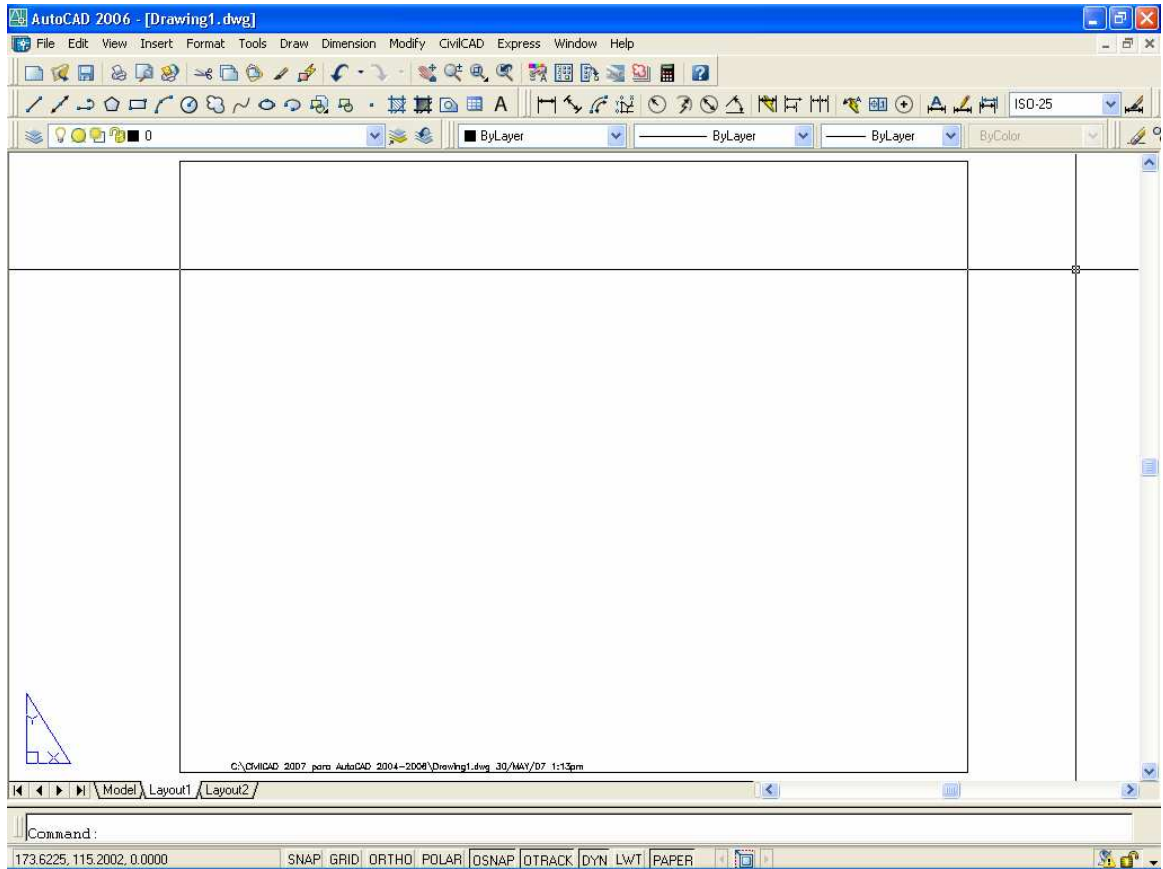


FIGURA 23. Preparar hoja de trabajo.

9.5 Dibujar la red.

Para comenzar nuestro cálculo debemos dibujar la tubería, esta no es una rutina de *CivilCAD*, pero sí de *AutoCAD*, la tubería estará representada por trazadas con la dirección y ubicación requerida, esto se realiza llamando al

comando *line* simplemente escribiendo la misma palabra, para así automáticamente poder comenzar a trazarla.

Es importante dibujar la red de tubería en tramos, ya que al final de cada tramo, cambios de dirección y en general en cada vértice, el programa insertará pozos de visita, al momento de reconocer la red de acuerdo al apartado 9.7.

En el ejemplo la tubería se dibujó al centro de las calles, pero es importante mencionar que en la realidad esto no siempre es posible debido a que pueden existir otras tuberías y/o algunos otros impedimentos que no nos permitan colocarlas en esa posición. Es por eso que en cualquier estudio de este tipo se deben realizar sondeos para determinar la ubicación exacta de la red y así poder representarla de manera correcta en el programa de computadora.

En la figura 24 se muestra solamente la red de alcantarillado, representada por las líneas rojas, el resto de las líneas que conforman el dibujo o *layers* fueron apagados de manera momentánea para mayor comodidad y apreciación.

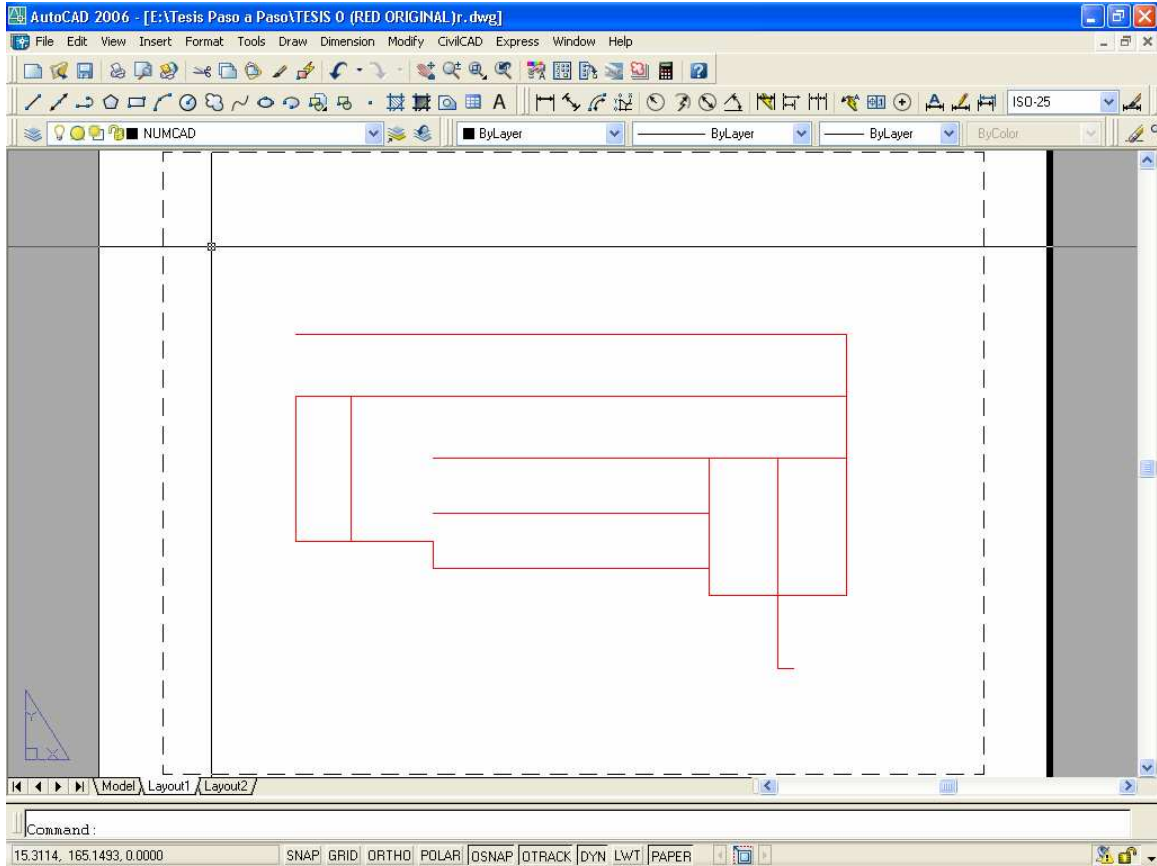


FIGURA 24. Trazado de la red de alcantarillado.

9.6 Layers.

Los *layers* son todos los diferentes tipos y estilos de línea creados en el programa por el usuario para representar el dibujo. Por ejemplo para la red, se creo un layer llamado *sanitario* de color rojo, el cual representa la tubería sanitaria.

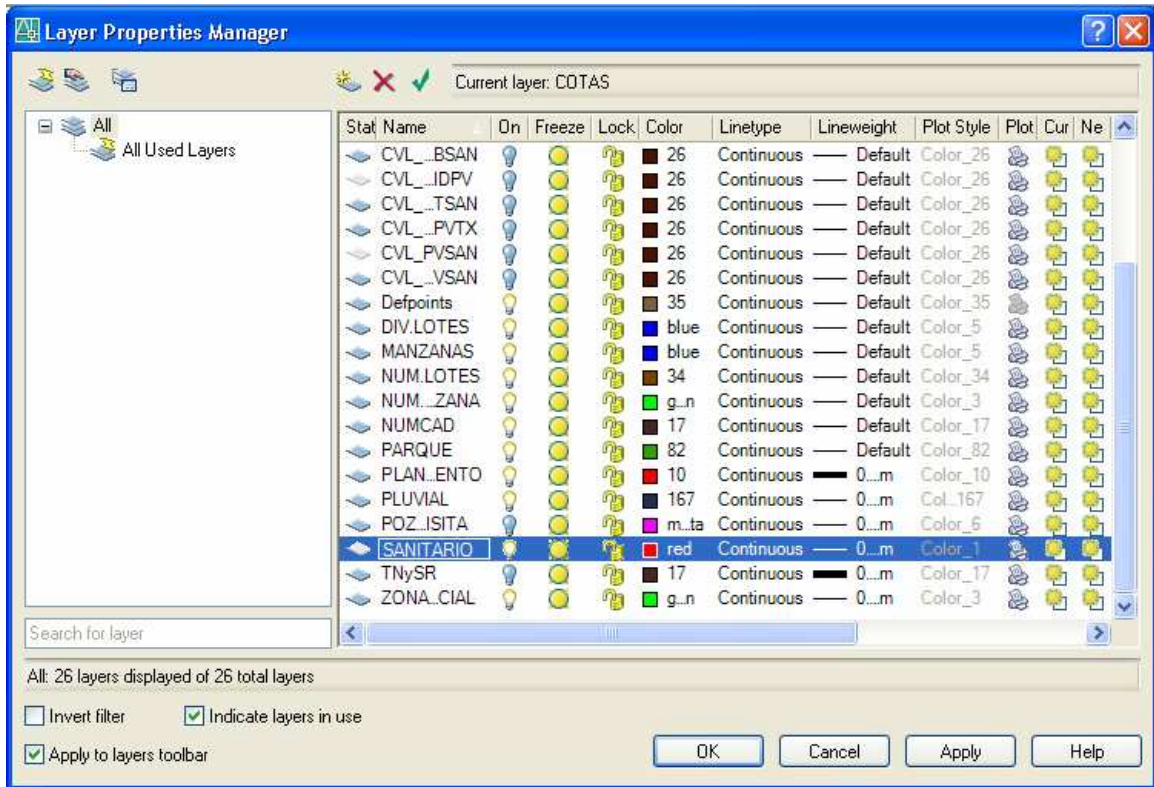


FIGURA 25. Recuadro “Layers”.

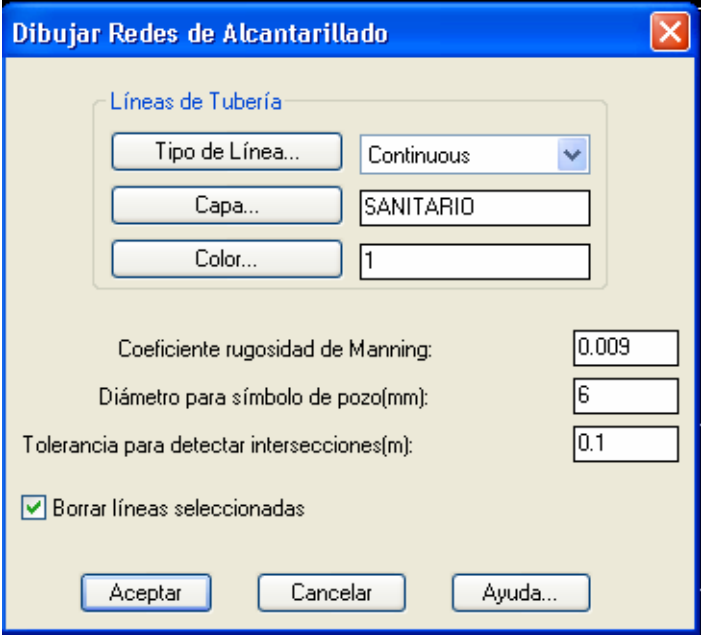
Como se muestra en la figura, para nuestro trabajo se crearon múltiples layers con diversos colores y estilos, los cuales representan cada uno de los componentes que integran nuestro dibujo. Estos *layers* pueden ser apagados lo que significa ser borrados de manera simplemente dando un clic sobre los focos que aparecen en la figura 25, para poder trabajar solo con aquellos que nos interesan y evitar que los demás nos estorben. Posteriormente pueden volver a ser encendidos si así lo deseamos.

9.7 Reconocimiento de la red.

Utilice la rutina *CivilCAD* → *Módulos* → *Redes de alcantarillado* → *Circuitos* → *Reconocer*.

La mecánica de esta opción es la siguiente: Una vez que tenemos dibujada con líneas y en tramos nuestra red de alcantarillado, aplicamos la rutina anteriormente descrita, al hacerlo *CivilCAD* nos pedirá seleccionar todas aquellas líneas que queremos sean reconocidas como una red de alcantarillado.

Al hacerlo nos aparecerá un recuadro como el siguiente:



The image shows a dialog box titled "Dibujar Redes de Alcantarillado" with a close button in the top right corner. The dialog is divided into sections for configuring pipe lines and network parameters. The "Líneas de Tubería" section includes buttons for "Tipo de Línea...", "Capa...", and "Color...", with corresponding values: "Continuous" (dropdown), "SANITARIO" (text), and "1" (text). Below this, there are input fields for "Coeficiente rugosidad de Manning:" (0.009), "Diámetro para símbolo de pozo(mm):" (6), and "Tolerancia para detectar intersecciones(m):" (0.1). A checked checkbox labeled "Borrar líneas seleccionadas" is also present. At the bottom, there are three buttons: "Aceptar", "Cancelar", and "Ayuda...".

FIGURA 26. Recuadro para reconocimiento de la red.

Como se muestra en la figura siguiente, el tipo de línea elegido es continuo, nuestra capa o *layer* es el *sanitario*, creado previamente para representar la red, pero si lo deseamos podemos escoger otro tipo de *layer* al momento de reconocer la red y el color seleccionado es el 1 (rojo). Los recuadros con las diversas opciones para tipo de línea y color se muestran a continuación:

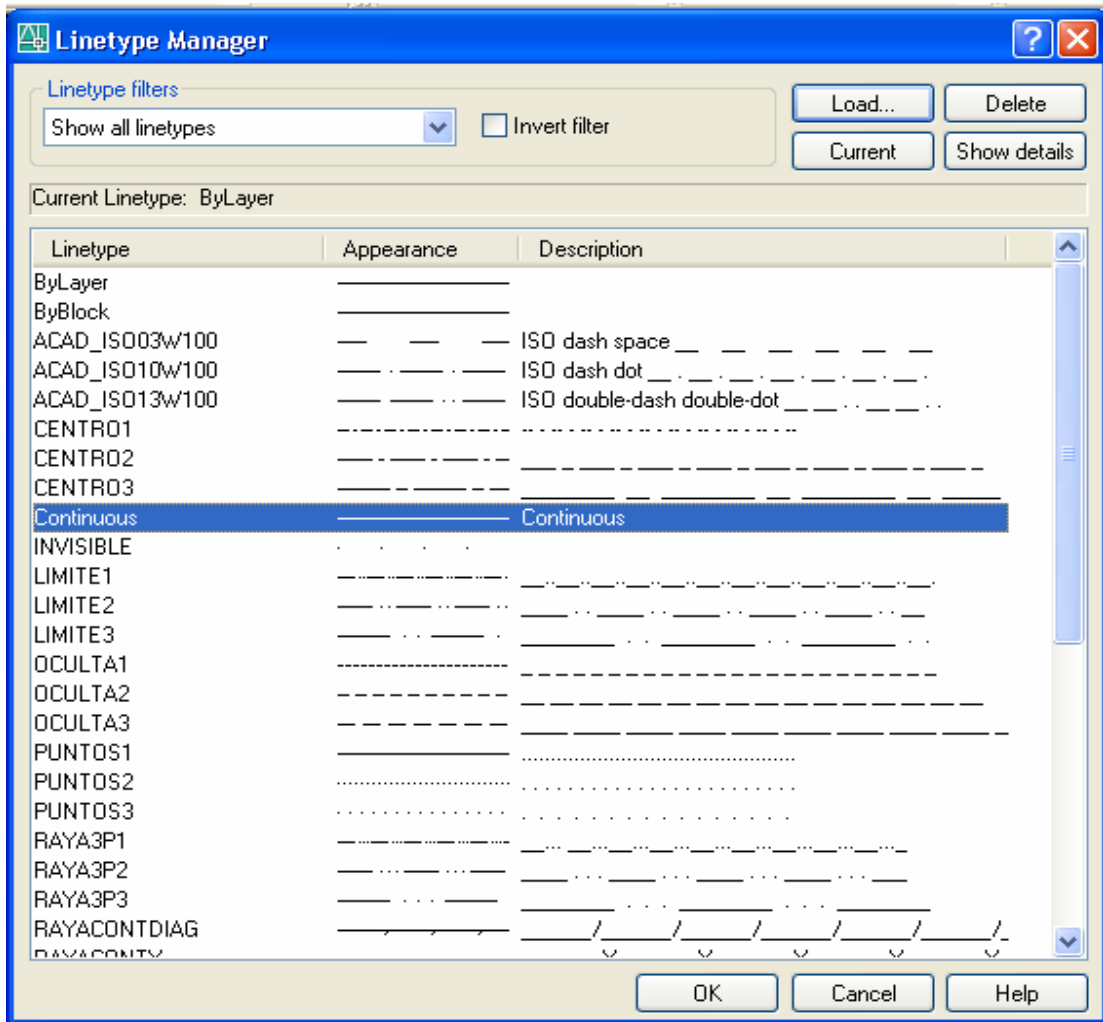


FIGURA 26. Recuadro de tipos de línea.

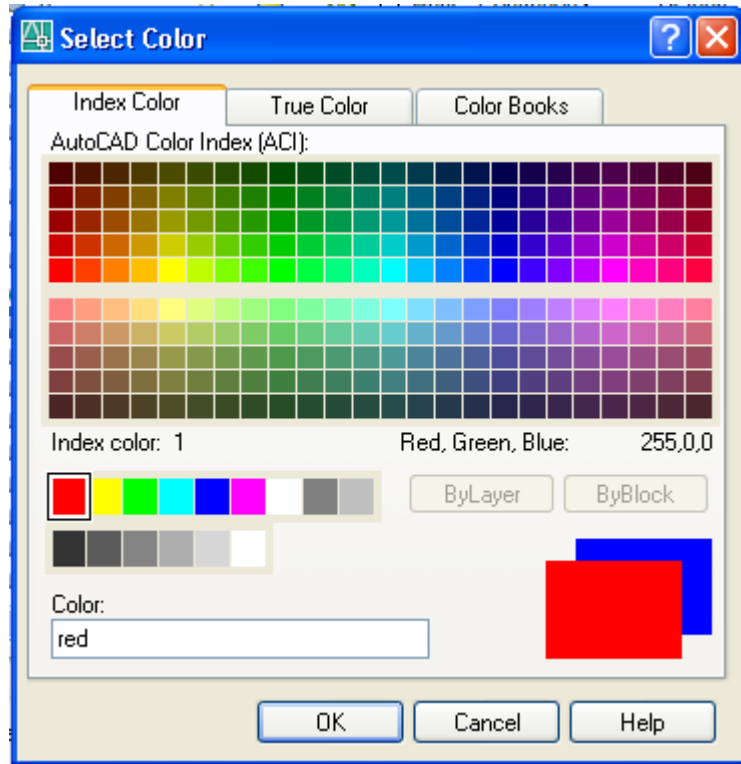


FIGURA 28. Recuadro de gama de colores.

El coeficiente de fricción de acuerdo a la tabla 15 del apartado 8.1 para tubería de PVC es igual a 0.009

Tras darle entrada al comando, como ya se mencionó en el apartado 9.5 *CivilCAD* automáticamente nos añadirá pozos de visita en todos los vértices así como en el final e inicio de cada tramo, además de haber convertido nuestra red en una poli-línea ya reconocida como nuestra red de alcantarillado por la computadora (ver figura 29 o anexo 14).

9.8 Pozos de visita.

9.8.1 Numerar pozos.

CivilCAD → Módulos → Redes de alcantarillado → Pozos de visita → Numerar.

Al utilizar esta rutina, los pozos creados por la computadora al reconocer el circuito en el apartado anterior pueden ser numerados automáticamente sin necesidad de hacerlo uno por uno, para esto el programa nos pedirá que seleccionemos la red, al hacerlo nos preguntará cual va a ser el pozo inicial y el número representativo para ese pozo.

En este caso el pozo inicial es el que esta indicado en la figura 30 y su número representativo es el 1, el orden de numeración de los pozos restantes es fijado por la computadora pero nosotros podemos editarlos.

La numeración de pozos es necesaria en cualquier red para poder identificar estos pozos rápidamente y poder trabajar sobre ellos en caso de ser necesario.

En la figura 31 y en el anexo 15 se representan todos los pozos de la red numerados.

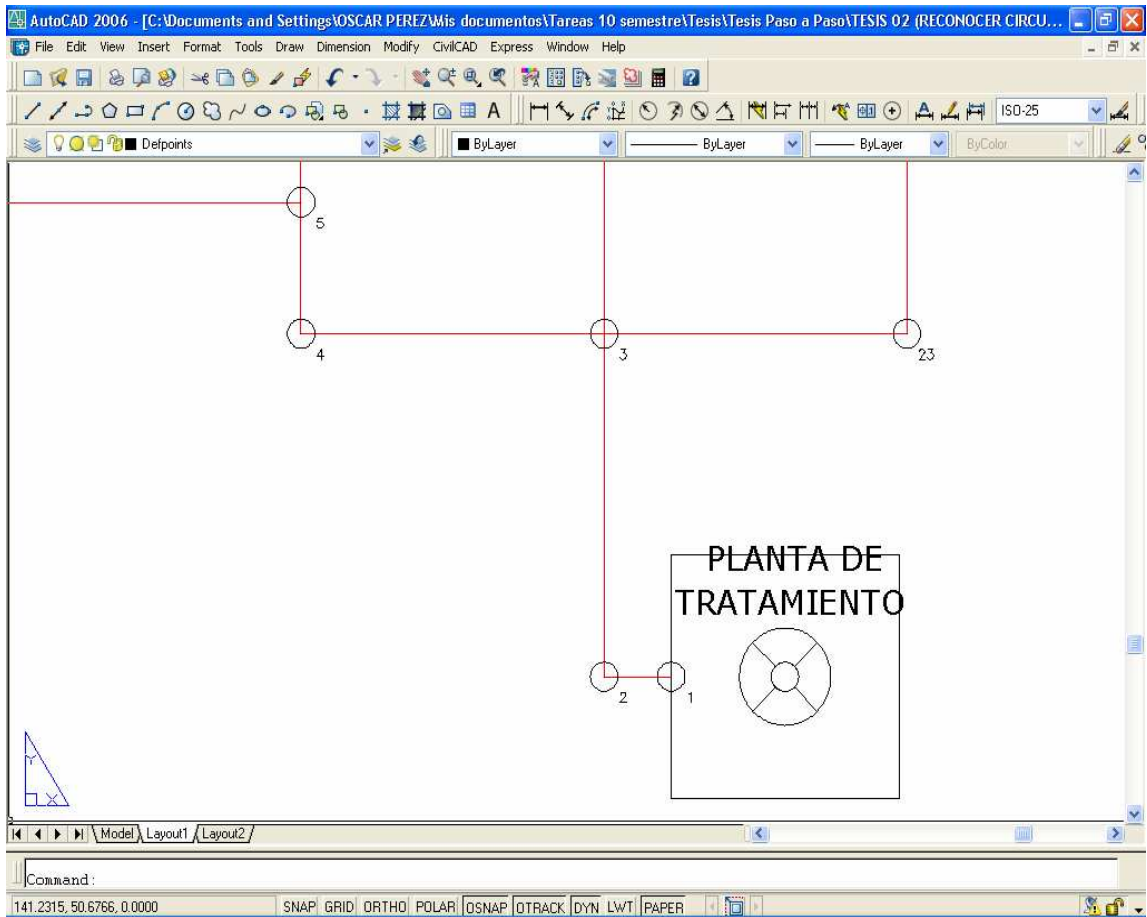


FIGURA 30. Pozo de visita inicial.

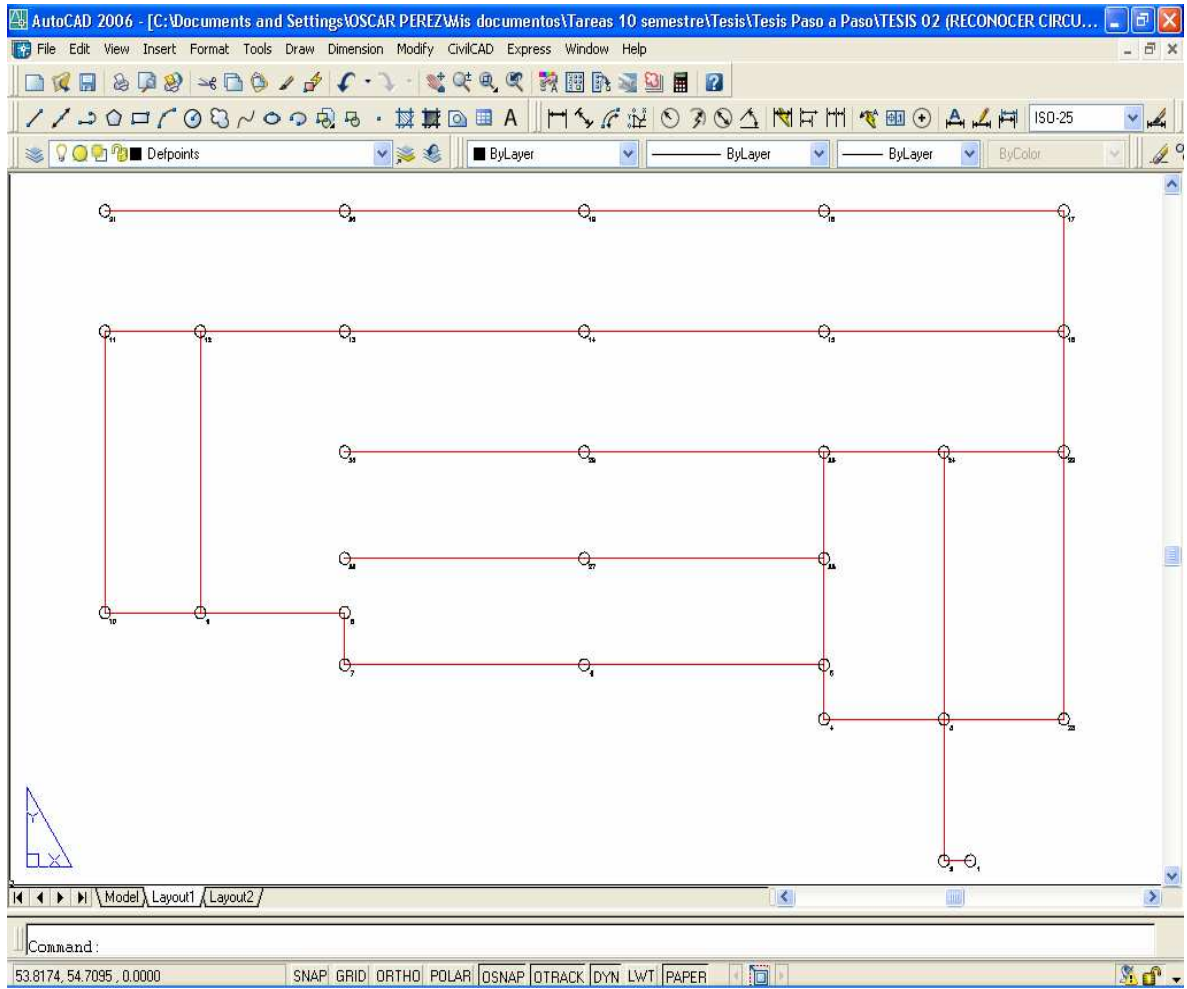


FIGURA 31. Pozos de Visita Numerados.

9.8.2 Editar número de pozo.

CivilCAD → Módulos → Redes de alcantarillado → Pozos de visita → Editar número.

Esta rutina sirve para poder cambiar el número representativo de los pozos de visita, en caso de que el orden fijado por la computadora no sea el más conveniente para nuestro caso.

9.8.3 Insertar pozo.

CivilCAD → Módulos → Redes de alcantarillado → Pozos de visita → Insertar pozo.

Si así lo deseamos podemos agregar pozos de visita en cualquier punto de la red.

9.8.4 Remover pozo.

*CivilCAD → Módulos → Redes de alcantarillado → Pozos de visita →
Remover Pozo.*

De manera contraria a la rutina anterior, podemos eliminar aquellos pozos de visita que deseemos.

9.8.5 Localizar pozo.

*CivilCAD → Módulos → Redes de alcantarillado → Pozos de visita →
Localizar pozo.*

Esta rutina es de mucha utilidad en aquellos proyectos muy grandes donde las redes son muy extensas y por lo mismo, localizar algún pozo de visita por simple observación puede resultar un procedimiento tardado o incomodo.

Al llamar al comando en cuestión, solo debemos escribir el número representativo del pozo a localizar para que el programa el programa nos posicione en el.

9.8.6 Indicar rasante en pozo.

CivilCAD → *Módulos* → *Redes de alcantarillado* → *Pozos de visita* → *Rasante* → *Indicar*.

Para nuestro ejercicio, se propondrán los valores de la rasante en los pozos de visita, esto para facilitar nuestra ilustración del problema, pero en la realidad, con la ayuda del ingeniero topógrafo y planos topográficos si los hubiera, se deben identificar o calcular los valores de dichas rasantes.

En esta rutina, el valor de cada rasante se debe indicar pozo por pozo, una vez terminado, se deberá finalizar la rutina simplemente apretando el botón *Enter*, para proceder al siguiente paso.

9.9 Indicar flujo.

CivilCAD → *Módulos* → *Redes de alcantarillado* → *Tubería* → *Indicar* → *Flujo*.

En esta rutina, el programa indicará el flujo natural del agua en base a las cotas de rasante insertadas por el usuario, el flujo es representado por flechas que aparecen de manera momentánea, estas flechas no se quedan fijas en la pantalla, al momento de llamar a otro comando estas desaparecen, solo sirven de guía. Si es requerido, el sentido del flujo puede ser invertido. Ver figuras 32 y 33

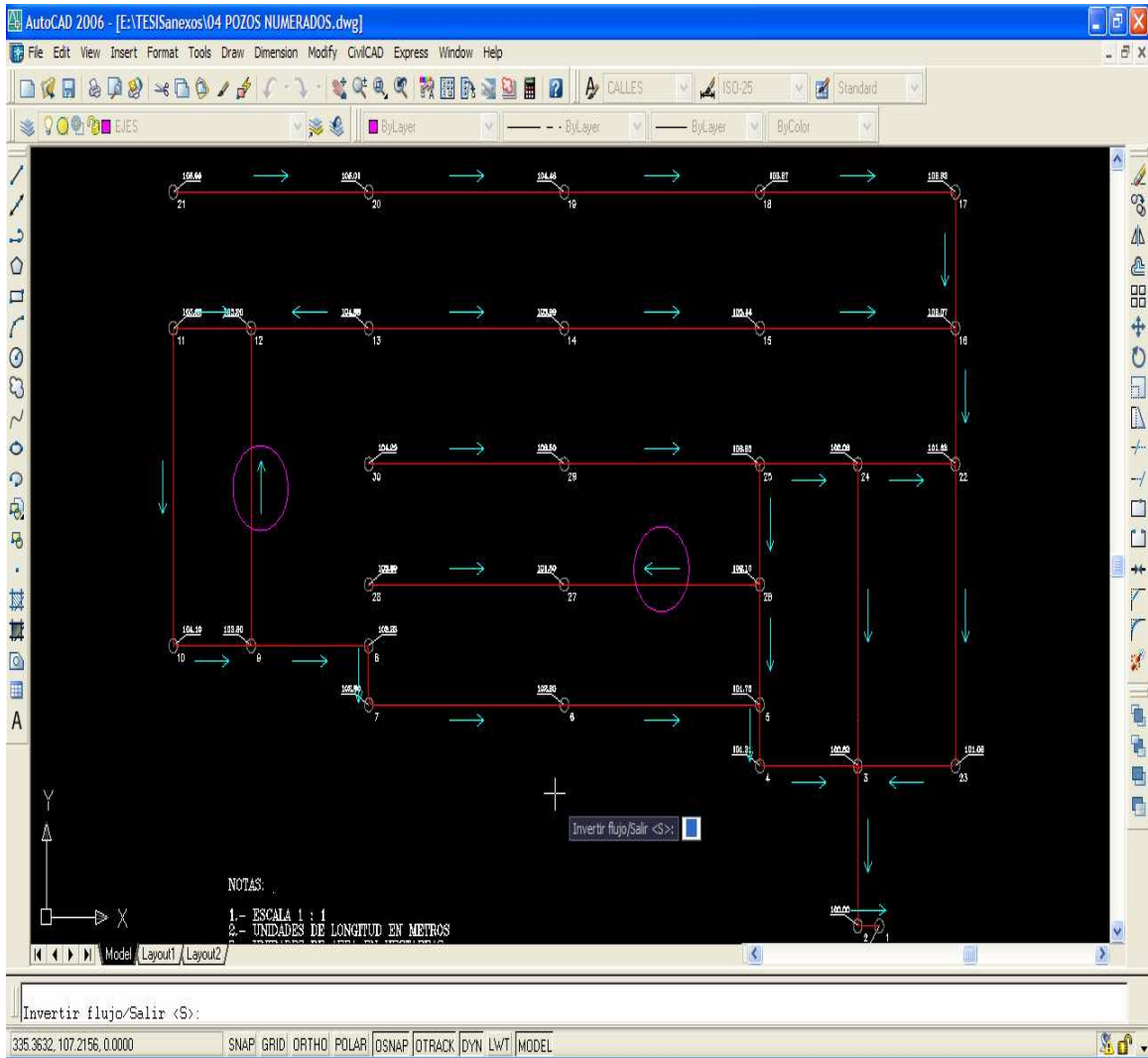


FIGURA 32. Sentido natural del flujo.

En la figura 32 se representa el flujo natural del agua en base a las cotas de las rasantes introducidas en los pozos de visita, y se encerraron en círculos aquellos puntos en los cuales el agua no tiene salida, por lo tanto el flujo deberá ser invertido

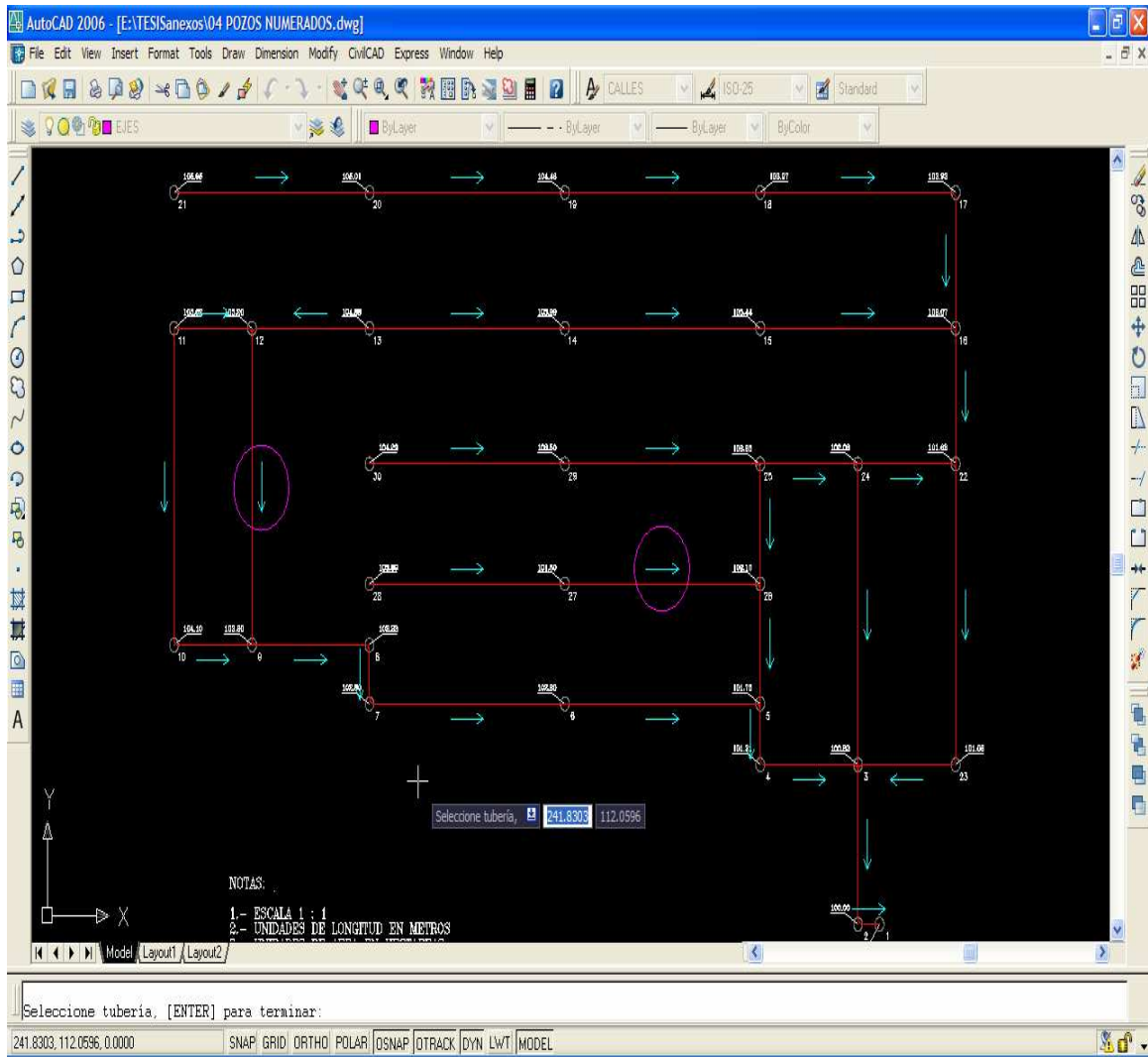


FIGURA 33. Flujo Invertido.

En la figura 33 se muestran las flechas invertidas, lo cual nos indica que el agua de esa manera tendrá continuidad por la red.

Como se aprecia en la figura 34, los pozos 11, 13, 24 y 25, presentan cabezas de atarjea, o cual indica el escurrimiento a partir de ese punto. Por ejemplo, en el punto donde se encuentra el pozo 11, el escurrimiento de la tubería vertical se hará del pozo 11 al 10 y en la tubería horizontal, el escurrimiento será del pozo 11 al 12, y ambos desembocarán en el punto 9 y así posteriormente.

9.11 Indicar nombre de calles.

CivilCAD → Módulos → Redes de alcantarillado → Tubería → Indicar → Nombre de calles.

Este comando como su nombre lo dice, nos permite indicarle al programa el nombre de la calle por la cual la tubería atraviesa, esto nos permite reconocer con facilidad el tramo de tubería con deseamos trabajar.

9.12 Indicar Unidades drenadas.

CivilCAD → Módulos → Redes de alcantarillado → Tubería → Indicar → Unidades Drenadas.

El propósito de esta rutina es introducir datos de unidades drenadas correspondientes a cada tramo de tubería.

Las unidades drenadas pueden ser el número de lotes, viviendas o edificios que descargan en el tramo. Este dato se utiliza para distribuir proporcionalmente la población en cada tramo, siguiendo el razonamiento de que a más unidades drenadas por tramo le corresponde una mayor población de proyecto.

No es necesario indicar unidades drenadas si se elige el método de distribución de población en forma proporcional a la longitud o al área tributaria del tramo al generar la tabla de cálculo.

9.13 Indicar área comercial y equipamiento urbano.

CivilCAD → Módulos → Redes de alcantarillado → Tubería → Indicar → Área comercial y equipamiento urbano.

Se utiliza para calcular la población hipotética a partir del gasto medio calculado, para poder calcular el coeficiente de Harmon y conocer el gasto máximo al generar la tabla de cálculo.

No es necesario indicar el área comercial industrial y equipamiento en todos los tramos, solo en los que recibirán descargas o aporte por este concepto.

Al generar la tabla de cálculo se deberá activar la opción “Considerar *área comercial y equipamiento urbano*” e indicar su valor para que aparezcan los datos calculados por este concepto en la tabla.

9.14 Indicar Área tributaria.

CivilCAD → *Módulos* → *Redes de alcantarillado* → *Tubería* → *Indicar* → *Área tributaria*.

El programa muestra el total de área tributaria acumulado en los tramos como referencia.

El área se puede obtener dibujando los trapecios correspondientes a cada tramo para después obtener el área total utilizando la rutina “*sumar áreas*”.

No es necesario indicar áreas tributarias si se elige el método de distribución de población proporcional a la longitud o las unidades drenadas en el tramo al generar la tabla de cálculo de redes de alcantarillado.

9.15 Generar tabla de cálculo.

9.15.1 Cálculo de redes de alcantarillado.

CivilCAD → Módulos → Redes de alcantarillado → Circuitos → Generar tabla de cálculo.

El último paso para calcular la red de alcantarillado es generar la tabla de cálculo, para esto, todos los pasos anteriores debieron haber sido realizados de manera cuidadosa para no introducir datos equivocados al programa que nos pueda llevar a una resolución errónea del cálculo de la red.

Al ejecutar este comando, nos aparecerá un recuadro como el de la figura 35.

Cálculo de Redes de Alcantarillado

Datos Generales

Proyecto: TESIS

Autor: OSCAR PEREZ

Población Total(Habs.): 2400

Dotación agua potable(lts/hab/día): 185

Coeficientes y Opciones...

Parámetros

Velocidad Mínima(m/s): 0.3

Velocidad Máxima(m/s): 5.0

Pendiente Mínima(mil.): 2

Tirante Mínimo(cm): 1.5

Profundidad Mínima(m): 0.9

Distribución de Población

Proporcional a la longitud del tramo.

Proporcional al area tributaria.

Proporcional a las unidades drenadas.

Aceptar Cancelar Ayuda...

FIGURA 35. Recuadro para generar tabla de cálculo.

a) Datos Generales.

Como se aprecia en la figura 35, a nuestra tabla de cálculo le podemos al proyecto un nombre, así como el del autor, aunque estos dos datos son los únicos que no son indispensables.

Posteriormente debemos introducir el número total de la población o la población tentativa a la cuál se le dará el servicio de alcantarillado sanitario. Esto

debe calcular, en base a lo establecido en el apartado 4.3, que en este caso se hizo una consideración de 5 habitantes por unidad habitacional ya que esta se considera una zona popular (véase tabla 2), a los cuales se les suministrará una dotación de agua potable igual a 185 litros por habitante cada día, de acuerdo a las tablas 3 y 4 pertenecientes al apartado 4.2, cabe mencionar que no se considera un aporte proveniente de la zona de recreación ya que toda una gran parte es absorbida por el terreno y la otra se evapora.

b) Distribución de población.

Los criterios para calcular la distribución de población de proyecto son los siguientes:

- Proporcional a la longitud del tramo.- Este método se utiliza cuando no se conoce la población exacta a la que servirá cada tramo, suponiendo que a mayor longitud de tramo le corresponde mayor población y caudal de aportación.

- Proporcional al área tributaria.- Este método es similar al anterior, solo que en lugar de tomar la longitud del tramo como parámetro se toma el área tributaria acumulada en el tramo.

- Proporcional a las unidades drenadas.- En este caso se conoce las unidades que drenarán en cada tramo. Las unidades pueden ser viviendas, lotes o edificios, de acuerdo al criterio del proyectista. Este es el criterio que mas se apega a nuestra condición.

c) Parámetros.

Los parámetros necesarios para poder realizar el cálculo son la velocidad mínima y máxima, pendiente mínima, tirante mínimo y profundidad o colchón mínimo.

- Velocidad mínima y máxima.- Las velocidades mínima y máxima para tubería de PVC de acuerdo a la tabla 10 del apartado 6.2.1, son iguales a 0.3 m/s y 5 m/s respectivamente.

- Pendiente mínima.- La pendiente mínima será igual a 2 % el cual es el recomendado en base a la experiencia, debido a que la pendiente mínima determina el valor de la velocidad mínima, un valor inferior de pendiente se traduciría en una velocidad menor lo cual podría conllevar a una acumulación de sólidos dentro de la tubería lo cual causaría azolves y taponamientos.

- Tirante mínimo.- El tirante mínimo de acuerdo al apartado 6.2.1 inciso a, será igual a 1.5 cm, considerando condiciones de velocidad, gasto mínimo y pendiente normales.

- Profundidad mínima.- La profundidad mínima de acuerdo a la tabla 12 y 13 del apartado 7.1 para tuberías de PVC se considera de 0.9m, esto quiere decir que por encima del borde superior externo de la tubería deberá existir un colchón mínimo de 0.9 m para proteger la misma.

Una vez introducidos todos estos datos, habrá de continuar con abrir el recuadro "*coeficientes y opciones*", al hacerlo nos aparecerá un recuadro como el de la figura 36.

9.15.2 Coeficientes y opciones.

Coeficientes y Opciones

Coeficientes

Aportación: 0.80

Previsión: 1.2

Conexiones Erradas:

Infiltración(lps/Km):

Aportación área comercial(lps/Ha): 0.69444

Opciones

- Considerar caudal de infiltración
- Considerar caudal conexiones erradas
- Considerar área comercial y equipamiento urbano.
- Calcular volúmenes de excavación.
- Proponer pendientes y diámetros.
- Calcular coeficiente de Harmon en todos los casos.
- Calcular pendiente máxima admisible

Anotaciones...

Aceptar Cancelar Ayuda...

FIGURA 36. Recuadro de coeficientes y opciones.

a) Coeficientes.

- Aportación.- Como se observa el valor de la aportación es igual a 0.8, lo equivalente al 80 % de la dotación de acuerdo al apartado 4.2.

- Previsión.- El factor de previsión es el coeficiente de seguridad que se aplica al caudal o gasto máximo extraordinario para considerar aportes adicionales no contemplados. En base a las consideraciones del apartado 6.3.4 el factor de previsión será de 1.2 ya que es un sistema de alcantarillado separado del pluvial y aunque es una zona socioeconómica popular, no se espera un crecimiento desordenado de la población.

Además de estos dos coeficientes, también se encuentran los correspondientes a conexiones erradas e infiltración en lps/km., que en este caso no se consideraron, de acuerdo a lo especificado en el inciso siguiente.

b) Opciones.

- Conexiones erradas.- El caudal por conexiones erradas se considera debido al aporte que proviene principalmente de las conexiones clandestinas y

descargas pluviales erradas. El caudal por conexiones erradas normalmente varía entre 15 al 20 % del caudal máximo horario, por lo que se deberá indicar un factor entre 1.15 y 1.20 de incremento por este concepto.

- Infiltración.- El caudal de infiltración es un aporte adicional que se estima en base a las características de permeabilidad del suelo en el que se ha de construir el alcantarillado sanitario. Este aporte se expresa por kilómetro de tubería, y varía entre 0.5 hasta 4 lps/km.

- Aportación área comercial.- Al considerar aportación por zona industrial, comercial y equipamiento urbano, esta se debe indicar en litros por segundo por hectárea, este valor varía normalmente entre 0.64 hasta 0.75 lps/ha. El programa calcula la población hipotética que corresponde de acuerdo al gasto medio calculado, para poder obtener el gasto máximo instantáneo correspondiente aplicando la fórmula de Harmon.

En la figura 36 se puede distinguir que los caudales por conexiones erradas e infiltración no se consideran ya que es una zona muy pequeña y cualquier conexión clandestina se identificaría rápidamente, y el caudal infiltración se desecha debido a que la red de tuberías es nueva y completamente hermética.

Por otro lado, la aportación de área comercial (lps/Ha.) se ha de considerar de acuerdo a los valores de la tabla 4 localizada en el apéndice 4.2. Una vez

identificado el valor de la dotación correspondiente al tipo de zona, que en este caso es 6.0 litros/m²/día, se debe multiplicar por 10,000 que son los metros cuadrados que existen en una hectárea, entre 86,400 que son los segundos que tiene un día. La operación quedará como sigue:

$$(6.0 \text{ lts/m}^2/\text{día} * 10,000 \text{ ha.}) / 86,400 \text{ seg.} = 0.69444 \text{ lps/ha.}$$

El valor calculado será el correspondiente al de la aportación del área comercial.

- Volúmenes de excavación.- Los volúmenes de excavación se calculan considerando la profundidad media entre pozos y el ancho de excavación de acuerdo al diámetro de la tubería alojada, con una plantilla de 10cm. de espesor.

- Calcular coeficiente de Harmon en todos los casos.- Existen dos criterios para calcular el gasto máximo instantáneo aplicando la fórmula de Harmon. El primero es calcular el coeficiente de Harmon considerando el total de la población de proyecto y distribuir el caudal resultante en forma proporcional a la población correspondiente a cada tramo. El segundo es calcular directamente el coeficiente de Harmon y el caudal máximo considerando la población correspondiente por cada tramo. Debido a que hay diferencias de resultado entre ambos criterios, se ha implementado la opción "*Calcular coeficiente de*

Harmon en todos los casos". Deberá desactivarse esta opción en caso de utilizar el primer criterio o activarse en caso de utilizar el segundo. Los diversos valores para el coeficiente de Harmon se pueden apreciar en el apartado 6.1.3.

- Calcular pendiente máxima admisible.- Si se activa la esta opción, el programa calculará la pendiente considerando el gasto a tubo lleno y el diámetro comercial de la tubería. Si la pendiente de terreno rebasa el valor máximo calculado, se utilizará el valor de la pendiente máxima.

Al seleccionar el botón "*Anotaciones*" aparecerá una caja de diálogo donde se podrá especificar el número de decimales para despliegue de datos de cotas, longitud pendiente y diámetro, además de rotación y altura de texto en milímetros reales.

Ya introducidos todos los datos necesarios para nuestro cálculo y ejecutando el comando "*Generar tabla de cálculo*" el programa automáticamente calculará nuestra red (ver plano anexo número 17) y nos generará una tabla de cálculo, cuyas características se explicarán en el capítulo 10.

El plano anexo número 17, presenta la red de alcantarillado completamente desarrollada, mostrando los resultados de los cálculos en las tuberías y los

pozos de visita, la tabla del anexo numero 20 muestra la simbología necesaria para comprender estos resultados.

10. TABLA DE CÁLCULO.

Paralelamente al desarrollo de nuestra red, se generará una tabla de cálculo o de resultados, obtenidos a partir de los valores introducidos al programa. Esta tabla se genera con una extensión *DataCalc*, pero *CivilCAD* nos permite transportar esta tabla a *Microsoft Office Excel* que es sin duda el *software* para generar y desarrollar operaciones numéricas así como tablas de datos más usado del mundo.

En el anexo número 18, se presenta la tabla de cálculo en su modalidad *Microsoft Office Excel*, la cual contiene todos los resultados del cálculo de la red de alcantarillado.

CONCLUSIONES

Con los estudios realizados en este trabajo y después de haber realizado un análisis de los resultados obtenidos, se espera que el usuario haya podido comprender el manejo así como la importancia en la aplicación de los programas informáticos en el área de la construcción. Los resultados obtenidos nos permiten visualizar la gran precisión y ahorro de tiempo-esfuerzo que *CivilCAD* nos brinda en el desarrollo de los cálculos de una red de alcantarillado.

Sin duda otra gran ventaja de *CivilCAD* es la infinita variedad de cálculos que podemos realizar con el mismo proyecto en un lapso de tiempo muy corto, adquiriendo una gran variedad de soluciones posibles a nuestras necesidades brindándonos facilidad en la elección de la solución óptima.

Lo dicho anteriormente indica el inminente avance de la tecnología informática y su aplicación en la industria de la construcción, conllevando una necesidad de implementar alternativas eficientes y confiables que representen la base en el desarrollo de nuestros proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Comisión Nacional del Agua, *Lineamientos Técnicos para la elaboración de Estudios y Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario*, Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas, México, 1994, pp. 236.
2. Comisión Nacional del Agua, *Manual de Diseño de agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Datos Básicos*, Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas, México, 1994, pp. 87.
3. Comisión Nacional del Agua, *Manual de Diseño de agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Tomas domiciliarias*, Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas, México, 1994, pp. 72.
4. Comisión Nacional del Agua, *Manual de Diseño de agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Conducción*, Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas, México, 1997, pp. 88.
4. Comisión Nacional del Agua, *Manual de Diseño de Alcantarillado Sanitario*, Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas, México, 2000, pp. 149.
6. Tubos Flexibles S.A. de C.V., *Manual de Alcantarillado Sanitario, Criterios de Diseño para Redes de Alcantarillado Empleando Tubería de PVC*, México, 1984, pp. 105.

7. Lara González, Jorge Luís, *Alcantarillado*, 2da. Edición, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica, México, 1991, pp. 330.
8. Castañeda, Víctor, *Normas de Proyecto para Obras de Alcantarillado Sanitario en Localidades Urbanas de la República Mexicana*, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, México, 1979,
9. Herrera Sordo, Luís, *Agenda del Constructor*, 31ª. Edición, Toluca, Agenda del Abogado, 2004.
10. Arqcom, *Manual de ayuda de CivilCAD 2007 para AutoCAD 2004-2006*, México, 2006, pp. 304.
11. Sotelo Ávila, Gilberto, *Hidráulica General, Fundamentos*, México, Limusa, 1987, Volumen 1.
12. French, Richard H. *Hidráulica de Canales Abiertos*, McGraw-Hill Interamericana S.A., México, 1988.
13. G. Colombo, *Manual del Ingeniero*, 80a Edición, Hoepli, 1971, pp. 270.

ENLACES ELECTRÓNICOS

1. Comisión Nacional del Agua, Norma Oficial Mexicana, NOM-002-ECOL-1996, Que Establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de aguas a los sistemas de Alcantarillado Urbano o Municipal, http://www.cna.gob.mx/eCNA/Espaniol/MarcoNormativo/NOM-ECO-002_CNA.htm
2. Wikipedia.org, Fórmula de Manning, 1971, http://es.wikipedia.org/wiki/F%C3%B3rmula_de_Manning
3. Wikipedia.org, Alcantarillado, <http://es.wikipedia.org/wiki/Alcantarillado>
4. Wikipedia.org, Poli (cloruro de Vinilo), <http://es.wikipedia.org/wiki/PVC>
5. Historia del programa informático de diseño *AutoCAD*, <http://es.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>
6. Inicios de la compañía de softwares *AutoDesk*, <http://es.wikipedia.org/wiki/Autodesk>
5. Historia de la computación, <http://etsiit.ugr.es/alumnos/mlii/index.html>

GLOSARIO

- **Agua freática.-** Es el agua natural que se encuentra en el subsuelo a una profundidad que depende de las condiciones geológicas, topográficas y climatológicas de cada región.
- **Aguas residuales domésticas.-** Conjunto de líquidos resultado del uso primario doméstico y comercial, por el que haya sufrido degradación original.
- **Aguas pluviales.-** Agua procedentes de la precipitación pluvial.
- **Aguas residuales municipales.-** Aguas procedentes de un sistema de agua municipal.

- **Albañal Interior.-** Tubería de la red de alcantarillado que recoge las aportaciones de las aguas domésticas y las conduce a las atarjeas.
- **Conexión Domiciliaria o Albañal Exterior.-** Instalación que conecta el último registro de una edificación (albañal interior) a la atarjea o colector.
- **Alcantarilla.-** Conducto subterráneo destinado en las localidades para conducir y eliminar las aguas residuales derivadas de los usos domésticos.
- **Anillos de hule.-** Elemento elastomérico que se usa como sello de juntas o uniones de las tuberías, para conseguir su estanquidad.
- **Cabeza de Atarjea.-** Extremo inicial de una atarjea.
- **Cruce Elevado.-** Estructura utilizada para cruzar una depresión profunda como es el caso de algunas cañadas o barrancas de poca anchura.
- **Contaminación de Un cuerpo de Agua.-** Introducción o emisión en el agua, de organismos patógenos o sustancias tóxicas, que demeriten la calidad de un cuerpo de agua.

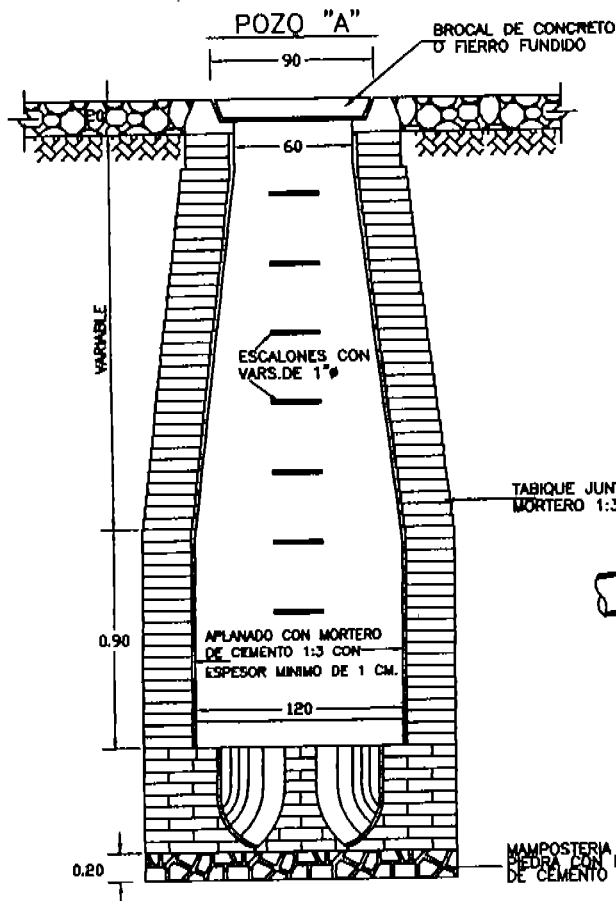
- **Conexión domiciliaria.-** Conjunto de piezas usadas para conectar el sistema interno de desagüe (albañal) con la red de atarjeas.
- **Estanquidad.-** Característica de un sistema sanitario de no permitir el paso del agua (exfiltraciones ni infiltraciones) a través de la paredes de los tubos, las conexiones y los accesorios.
- **Sistema flexible.-** Propiedad de una línea de conducción sanitaria de permitir movimiento relativo entre sus componentes (tubo, conexiones y accesorios).
- **Hermeticidad.-** Característica de una red de conductos de no permitir el paso del agua (exfiltraciones ni infiltraciones) a través de sus juntas.
- **Junta.-** Es el sistema de unión entre dos tubos y/o accesorios.
- **Madrinas.-** Tuberías generalmente paralelas a los colectores que tienen la función de las atarjeas.
- **Pozos de caídas.-** Pozo de visita que sirve fundamentalmente para absorber desniveles.

- **Registro.-** Estructura formada por una caja, en donde se unen los albañales interiores del predio y son generalmente de mampostería, de tabique o concreto.
- **Tratamiento de aguas residuales.-** Serie de procesos artificiales a que se someten las aguas residuales para eliminar o alternar sus constituyentes inconvenientes y obtener una calidad, que satisfaga los requisitos para su disposición final, de acuerdo con lo que señale la legislación relativa a la prevención y control de la contaminación ambiental.
- **Tubería trabajando a presión.-** Conducto que se diseña hidráulicamente para que trabaje a presión interna como el los casos de líneas por bombeo de agua residuales y de sifones.
- **Tuberías trabajando como canal.-** Red de conductos de alcantarillado sanitario cuyo diseño hidráulico se hace para que trabaje a superficie libre (gravedad).
- **Vertido.-** Lugar en que un emisor o interceptor entrega las aguas residuales municipales tratadas, para su disposición final, también se denomina desfogue.

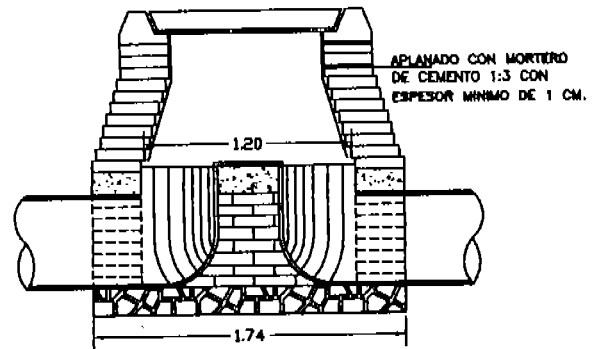
ANEXOS

ANEXO 19. ABREVIATURAS

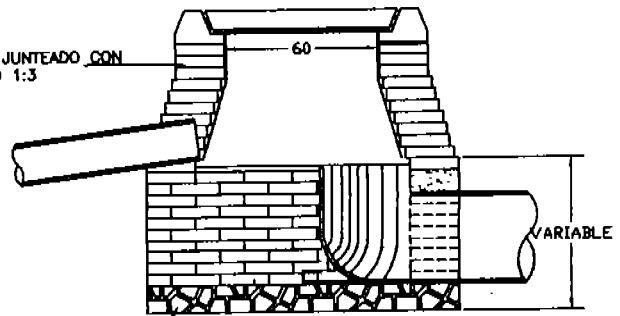
| | |
|----------------|--------------------------------|
| lts/hab/dia. | Litros por habitante cada día. |
| cm. | Centímetro. |
| m. | Metro. |
| PVC | Poli (cloruro de vinilo). |
| m/s. | Metro sobre segundo. |
| cm/s. | Centímetro sobre segundo. |
| lps. | Litro por segundo. |
| PEAD | Polietileno de alta densidad. |
| mm. | Milímetro. |
| " | Pulgada. |
| km. | Kilómetro. |
| Ha. | Hectáreas. |
| m ² | Metros cuadrados. |
| m ³ | Metros cúbicos. |
| seg. | Segundos. |
| pp. | Páginas. |



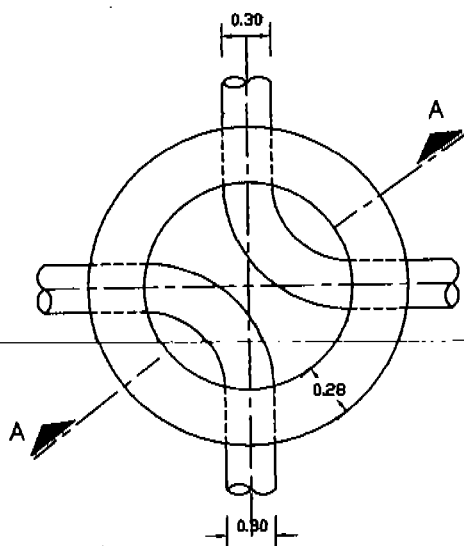
C O R T E A - A



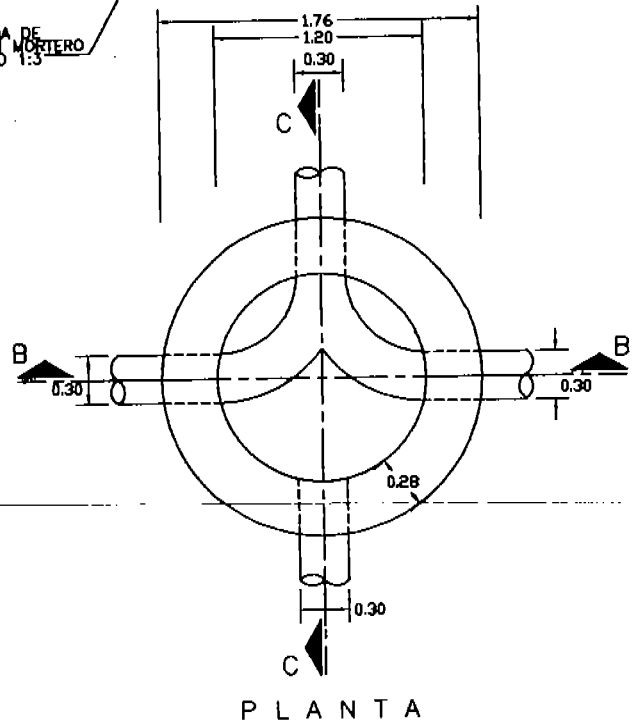
C O R T E B - B



C O R T E C - C



P L A N T A



P L A N T A

NOTAS.-

ACOTACIONES EN METROS

EL POZO TIPO "A" SE USARA PARA PROFUNDIDADES MAYORES DE 2.50

EL POZO TIPO "B" SE USARA PARA PROFUNDIDADES MENORES DE 2.50

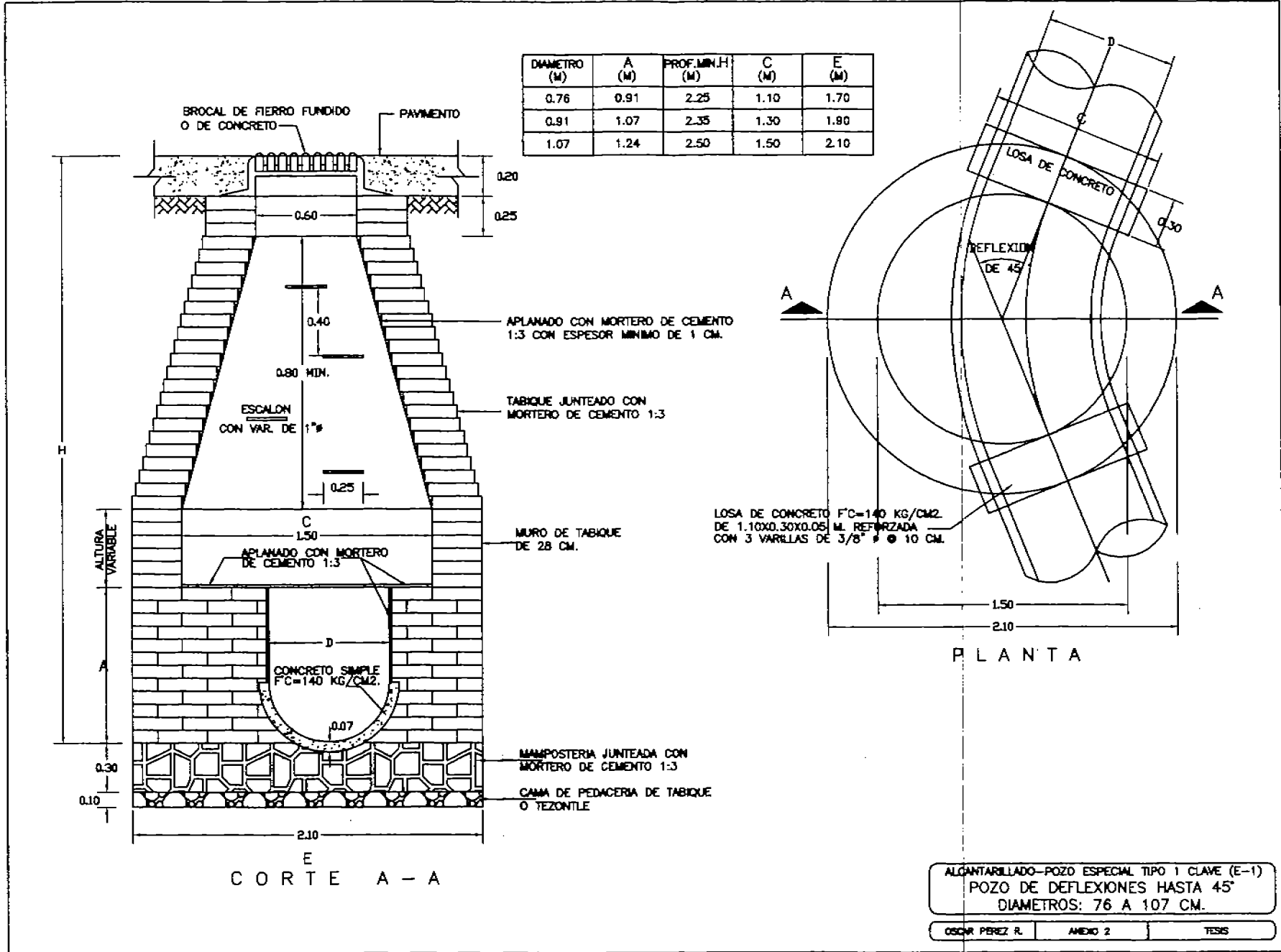
ALCANTARILLADO-POZO COMUN CLAVE (PC)

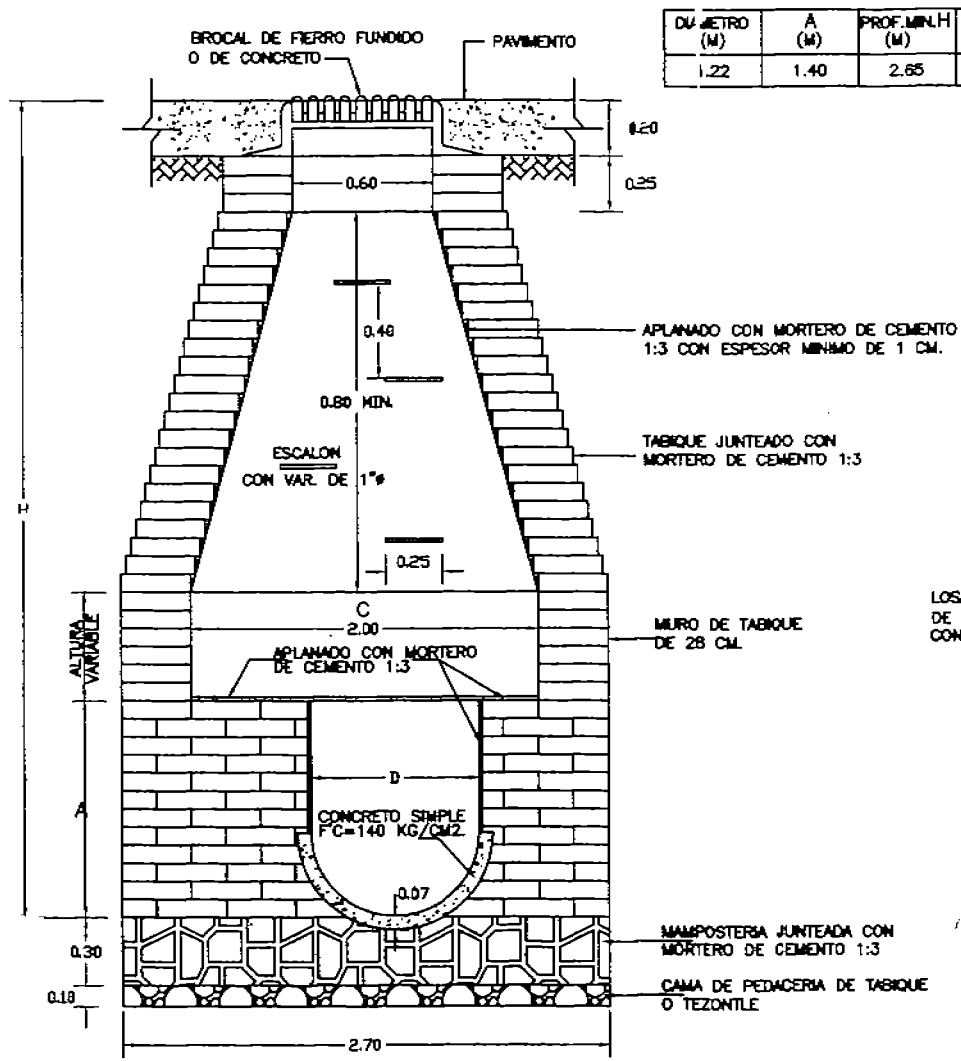
POZO DE VISITA COMUN

OSCAR PEREZ R.

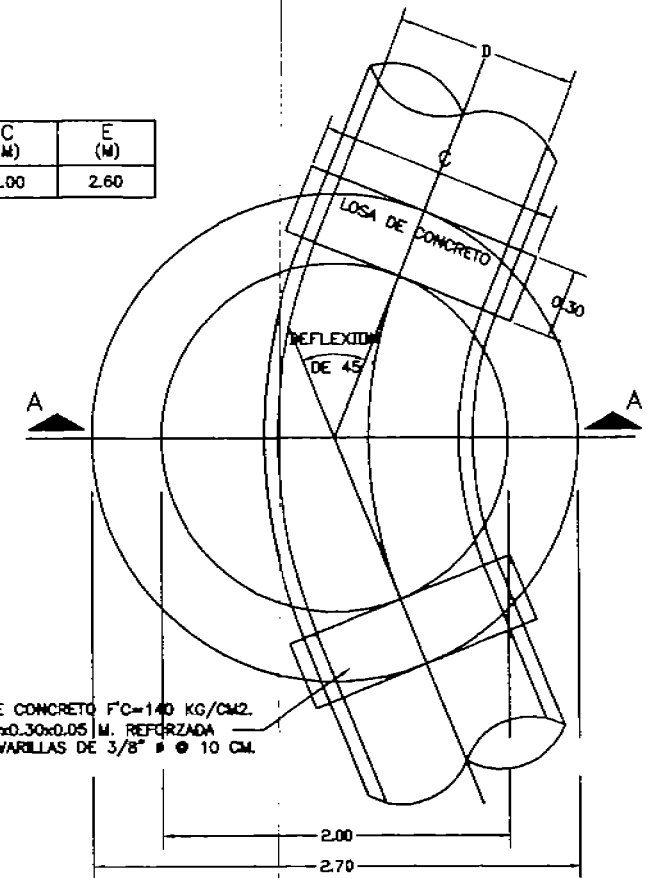
ANEXO 1

TISS





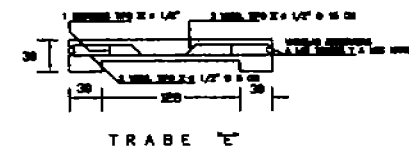
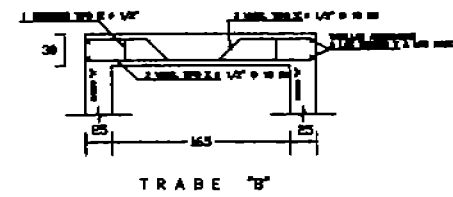
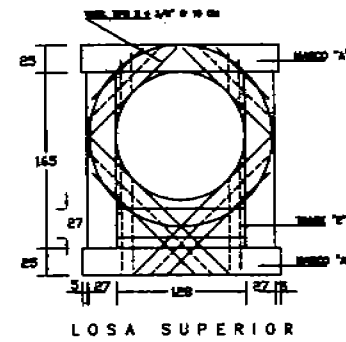
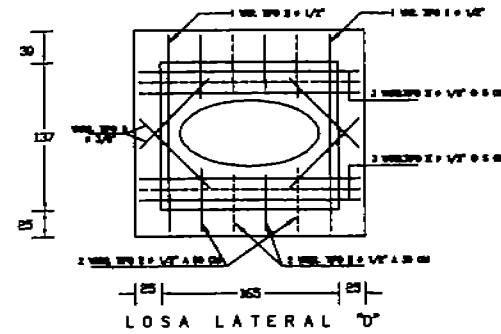
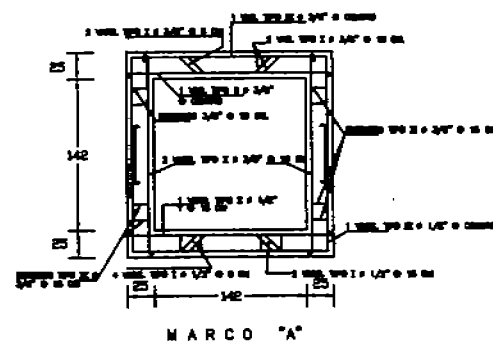
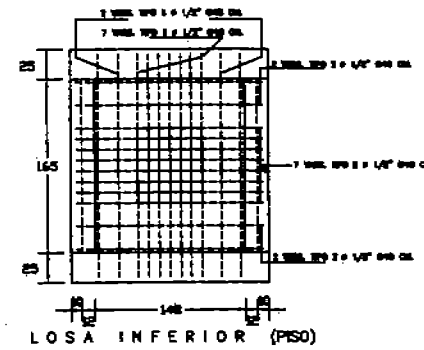
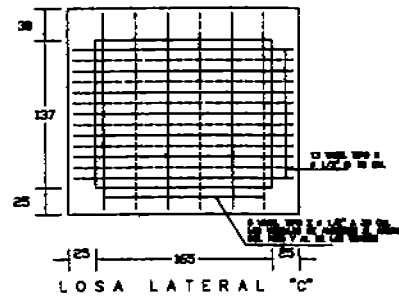
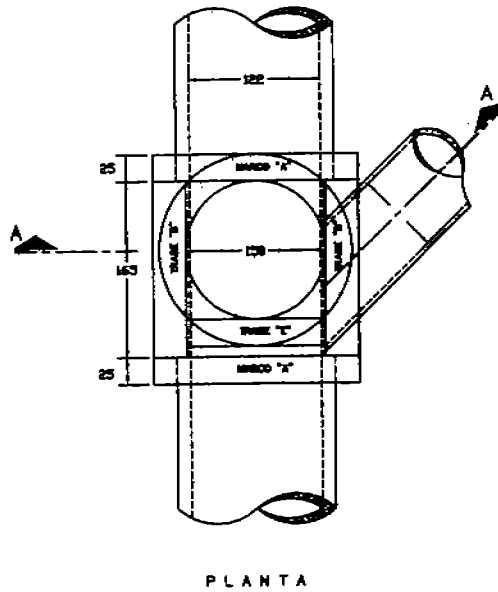
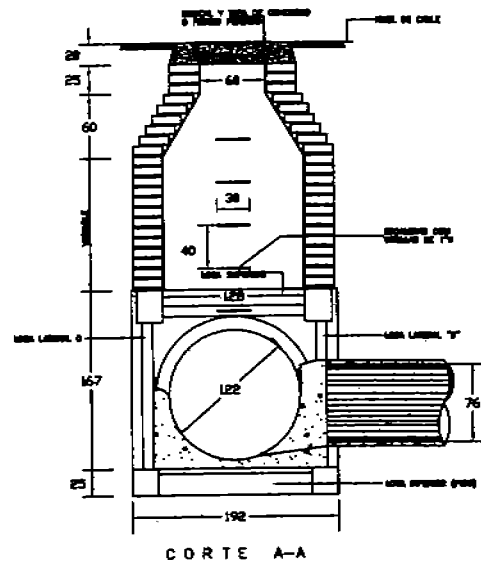
| DIAMETRO (M) | A (M) | PROF. MIN. H (M) | C (M) | E (M) |
|--------------|-------|------------------|-------|-------|
| 1.22 | 1.40 | 2.65 | 2.00 | 2.60 |



PLANTA

E
CORTE A - A

ALCANTARILLADO-POZO ESPECIAL TIPO 2 CLAVE (E-2)
POZO DE DEFLEXIONES HASTA 45°
DIAMETRO DE 122 CM.

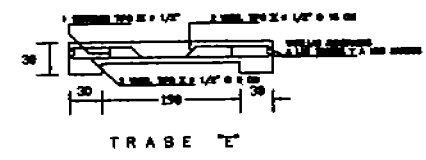
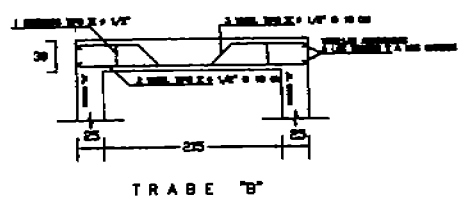
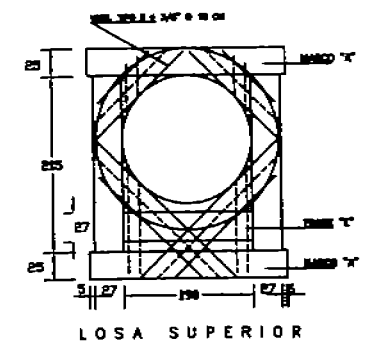
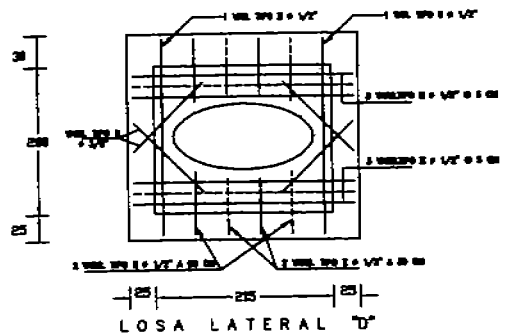
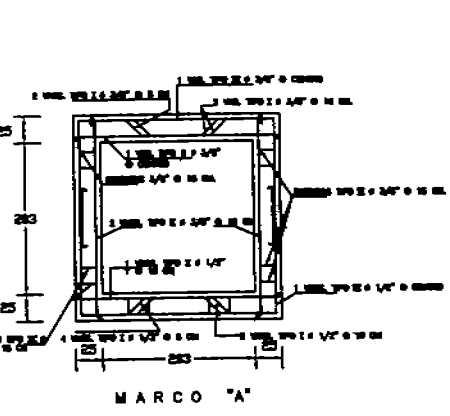
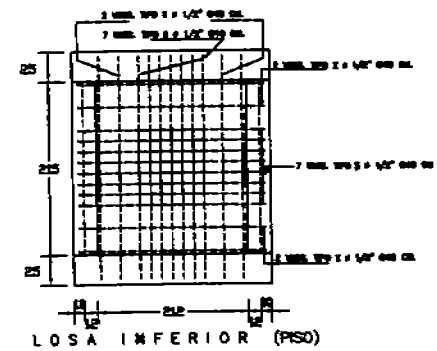
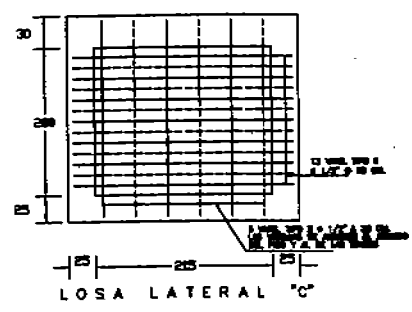
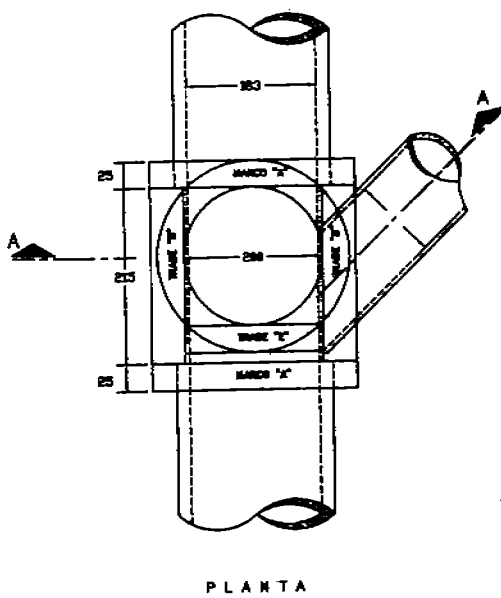
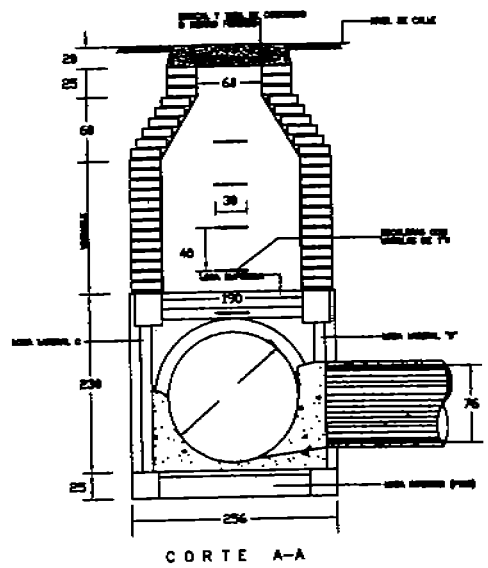


| CANTIDADES DE MATERIAL | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| CANTIDAD DE UNIDADES | LONGITUD | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| MARCOS A | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| TRABE B | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| TRABE E | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| LOSA LATERAL C | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| LOSA LATERAL D | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| LOSA INFERIOR | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| LOSA SUPERIOR | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

NOTAS -
 LAS DISTANCIAS ENTRE VILLAS SON DE CENTRO A CENTRO.
 TODAS LAS DISTANCIAS ESTAN DADAS EN CENTIMETROS.
 LA RESERVA DEL CONCRETO A LOS 25 DIAS ES DE 140 KG/CM2
 PARA EL ACERO 1985 KG/CM2
 EN LA LONGITUD DE LAS VILLAS ESTA INCLUIDO EL BANCHE
 LA LINEA DESCONTINUADA INDICA VILLAS EN EL LECHO BAJO.

ALCANTARILLADO-POZO CAJA TIPO 2 CLASE (C-2)
 POZO CAJA UNION DIAM. DE 76 A 122 CM.
 ENTORNQUES DE 38 A 78 CM.

UNION PEREZ S. A. AÑO 1 TEMA

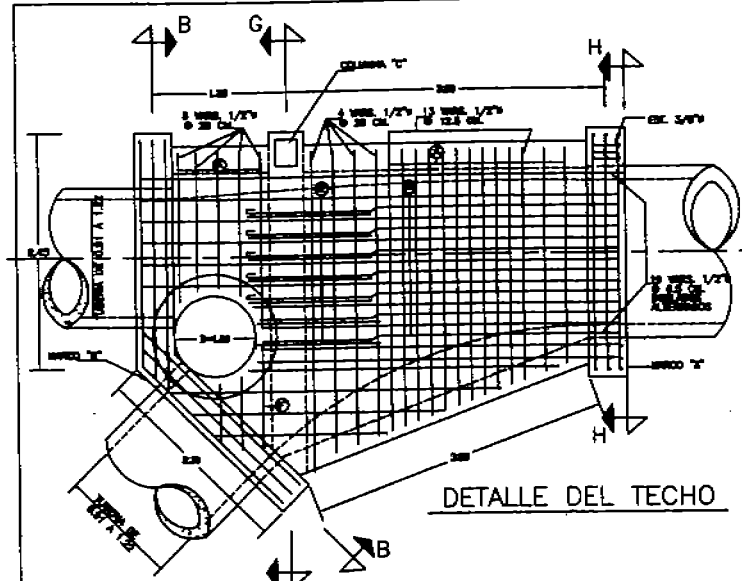


| CANTIDADES DE MATERIAL | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| CANTIDAD | ADOSADOS | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| | MARCOS A | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | TRABE B | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | TRABE E | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | LOSA LATERAL C | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | LOSA LATERAL D | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | LOSA INFERIOR | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | LOSA SUPERIOR | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | REINFORZO DE LA CUBIERTA | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

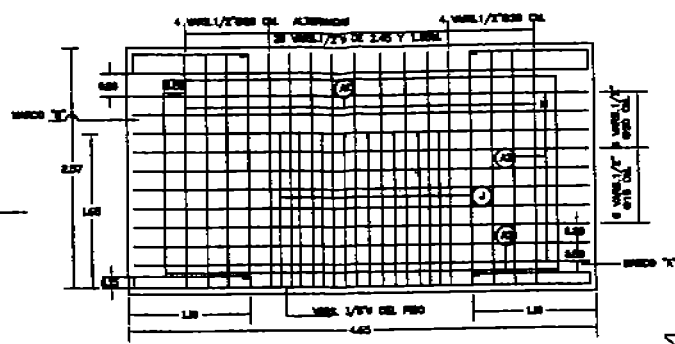
NOTAS.-
 LAS DISTANCIAS ENTRE VARRILLAS SON DE CENTRO A CENTRO.
 TODAS LAS DISTANCIAS ESTAN DADAS EN CENTIMETROS.
 LA RESERVA DEL CONCRETO A LOS 28 DIAS ES DE 140 KG/CM².
 LA RESERVA DEL ACERO ES DE 100 KG/CM².
 EN LA LONGITUD DE LAS VARRILLAS ESTA INCLUIDO EL QUINCHO.
 LA LINEA DISCONTINUA INDICA VARRILLAS EN EL LECHO BAJO.

ALDREZILLADO-POZO CAJA TIPO 3 CLASE (C-3)
 POZO CAJA UNION DIAM. DE 152 A 183 CM.
 ENTRONQUES DE 38 A 76 CM.

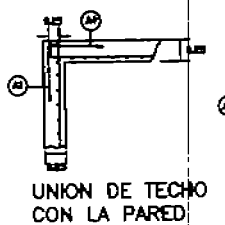
ORDEN PINTA S. AREA S. VOLUMEN



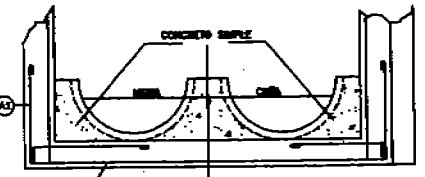
DETALLE DEL TECHO



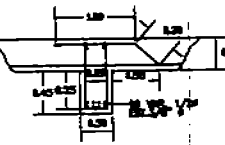
DETALLE DEL MURO LATERAL
SECCION C-C



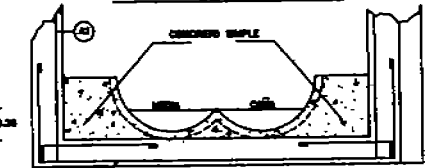
UNION DE TECHO
CON LA PARED



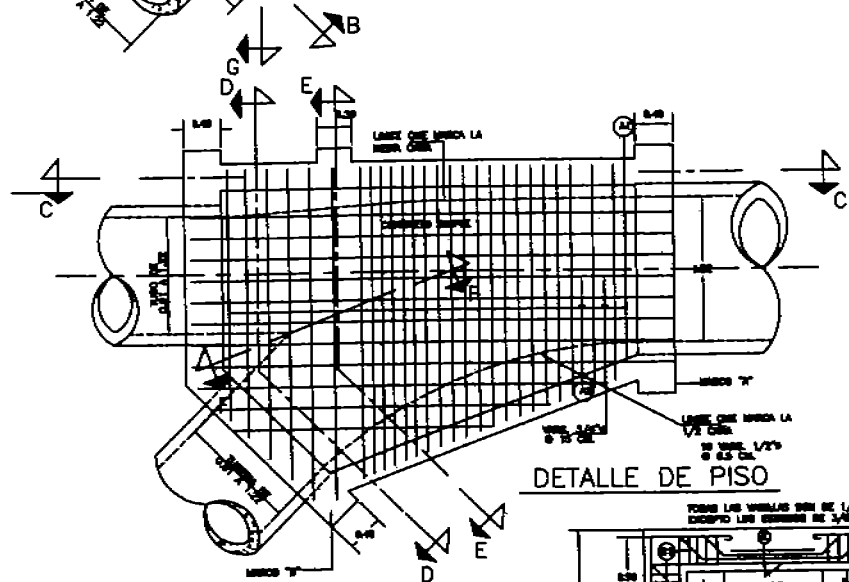
SECCION D-D



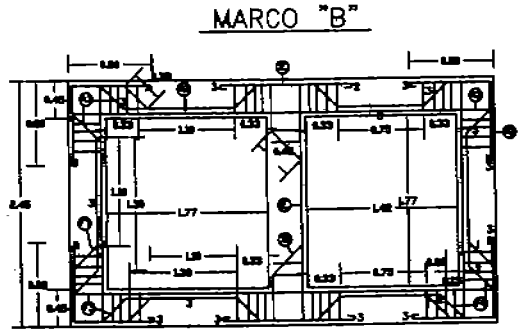
SECCION A-A



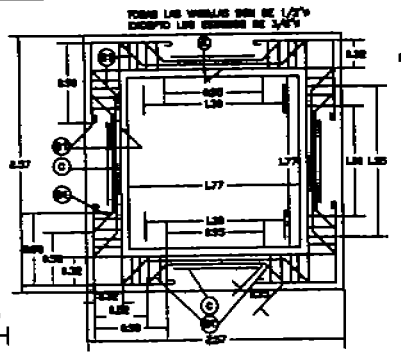
SECCION E-E



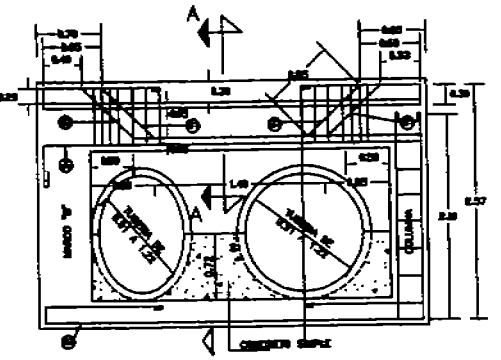
DETALLE DE PISO



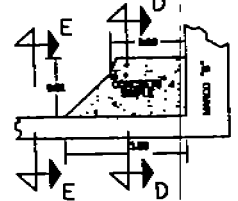
SECCION B-B



ELEVACION
MARCO A-A
SECCION H-H



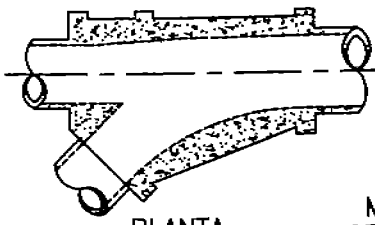
SECCION G-G



SECCION F-F

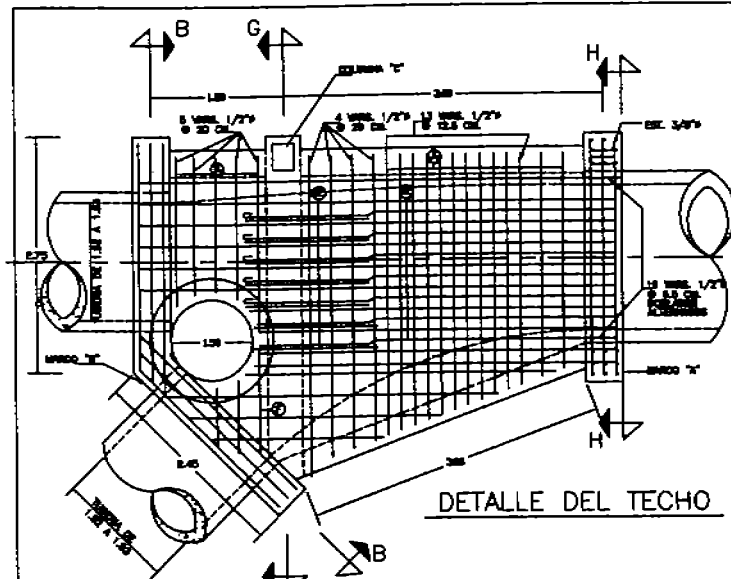
LISTA DE MATERIAL

| DESCRIPCION (MIL) | CANTIDAD | UNIDAD | VALOR TOTAL (MIL) |
|--------------------|----------|--------|-------------------|
| VARILLA 1/2" Ø | 120 | M | 120 |
| VARILLA 3/4" Ø | 80 | M | 80 |
| VARILLA 1" Ø | 40 | M | 40 |
| VARILLA 1 1/4" Ø | 20 | M | 20 |
| VARILLA 1 1/2" Ø | 10 | M | 10 |
| VARILLA 2" Ø | 5 | M | 5 |
| VARILLA 2 1/2" Ø | 3 | M | 3 |
| VARILLA 3" Ø | 2 | M | 2 |
| VARILLA 3 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 4" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 4 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 5" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 5 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 6" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 6 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 7" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 7 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 8" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 8 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 9" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 9 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 10" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 10 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 11" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 11 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 12" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 12 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 13" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 13 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 14" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 14 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 15" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 15 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 16" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 16 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 17" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 17 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 18" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 18 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 19" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 19 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 20" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 20 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 21" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 21 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 22" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 22 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 23" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 23 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 24" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 24 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 25" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 25 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 26" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 26 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 27" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 27 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 28" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 28 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 29" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 29 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 30" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 30 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 31" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 31 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 32" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 32 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 33" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 33 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 34" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 34 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 35" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 35 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 36" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 36 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 37" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 37 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 38" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 38 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 39" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 39 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 40" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 40 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 41" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 41 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 42" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 42 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 43" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 43 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 44" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 44 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 45" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 45 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 46" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 46 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 47" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 47 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 48" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 48 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 49" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 49 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 50" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 50 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 51" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 51 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 52" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 52 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 53" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 53 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 54" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 54 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 55" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 55 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 56" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 56 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 57" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 57 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 58" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 58 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 59" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 59 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 60" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 60 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 61" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 61 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 62" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 62 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 63" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 63 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 64" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 64 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 65" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 65 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 66" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 66 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 67" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 67 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 68" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 68 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 69" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 69 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 70" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 70 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 71" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 71 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 72" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 72 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 73" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 73 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 74" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 74 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 75" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 75 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 76" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 76 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 77" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 77 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 78" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 78 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 79" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 79 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 80" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 80 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 81" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 81 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 82" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 82 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 83" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 83 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 84" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 84 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 85" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 85 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 86" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 86 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 87" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 87 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 88" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 88 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 89" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 89 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 90" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 90 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 91" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 91 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 92" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 92 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 93" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 93 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 94" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 94 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 95" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 95 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 96" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 96 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 97" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 97 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 98" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 98 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 99" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 99 1/2" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 100" Ø | 1 | M | 1 |
| VARILLA 100 1/2" Ø | 1 | M | 1 |

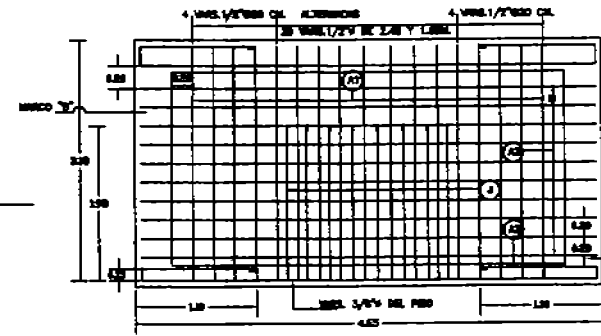


PLANTA

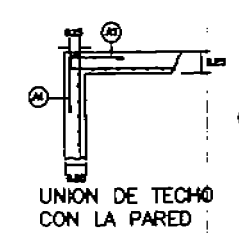
ALDARRELLADO-CAJA UNION TIPO 1 CLASE (U-1)
POZO CAJA UNION DIAMETRO DE 152 CM.
ENTRONQUES DE 91 A 122 CM.



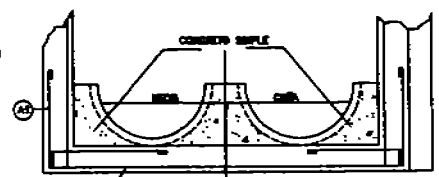
DETALLE DEL TECHO



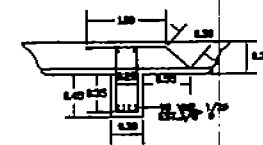
DETALLE DEL MURO LATERAL
SECCION C-C



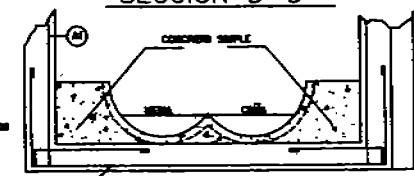
UNION DE TECHO
CON LA PARED



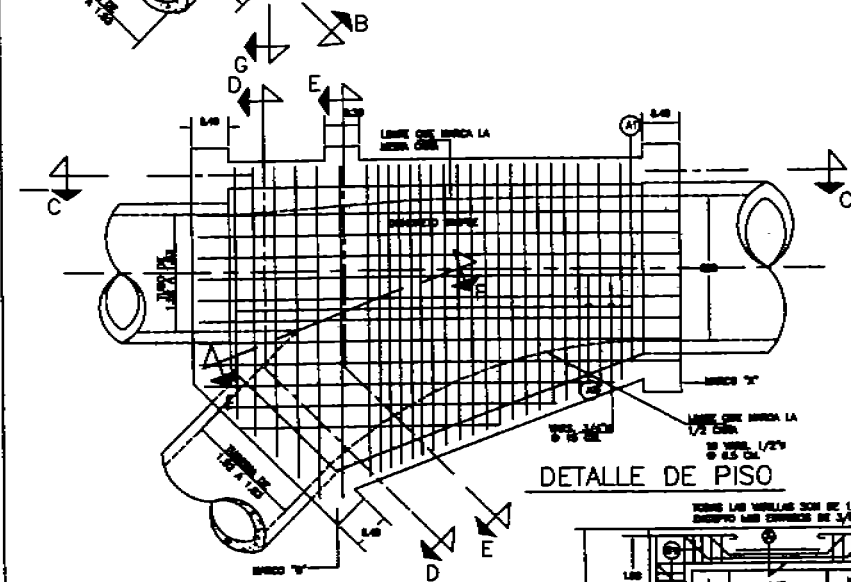
SECCION D-D



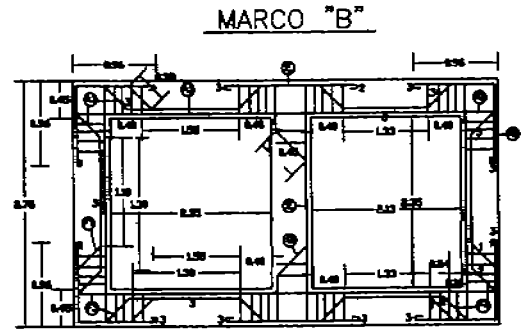
SECCION A-A



SECCION E-E



DETALLE DE PISO

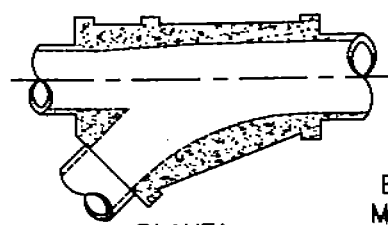


MARCO "B"

SECCION B-B

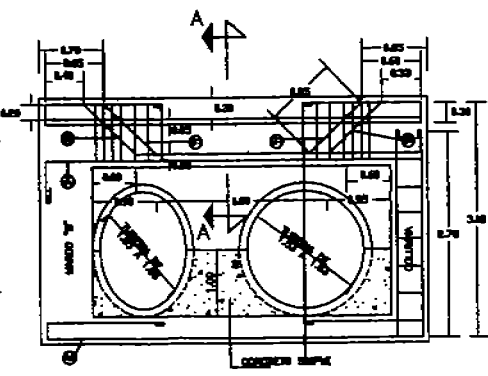
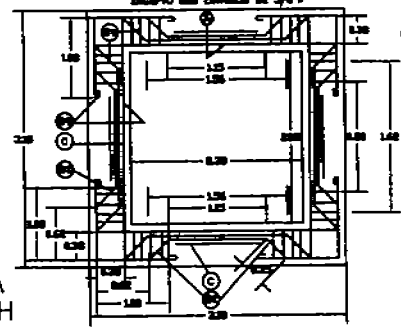
LISTA DE MATERIAL

| ITEM | DESCRIPCION (MKS) | CANT. | UNID. | VALOR | TOTAL (MKS) |
|------|-------------------|-------|-------|--------|-------------|
| 1 | VARIL 1/2" Ø | 100 | M | 1.20 | 120.00 |
| 2 | VARIL 3/4" Ø | 50 | M | 1.50 | 75.00 |
| 3 | VARIL 1" Ø | 20 | M | 2.00 | 40.00 |
| 4 | VARIL 1 1/4" Ø | 10 | M | 2.50 | 25.00 |
| 5 | VARIL 1 1/2" Ø | 5 | M | 3.00 | 15.00 |
| 6 | VARIL 2" Ø | 2 | M | 4.00 | 8.00 |
| 7 | VARIL 2 1/2" Ø | 1 | M | 5.00 | 5.00 |
| 8 | VARIL 3" Ø | 1 | M | 6.00 | 6.00 |
| 9 | VARIL 3 1/2" Ø | 1 | M | 7.00 | 7.00 |
| 10 | VARIL 4" Ø | 1 | M | 8.00 | 8.00 |
| 11 | VARIL 4 1/2" Ø | 1 | M | 9.00 | 9.00 |
| 12 | VARIL 5" Ø | 1 | M | 10.00 | 10.00 |
| 13 | VARIL 5 1/2" Ø | 1 | M | 11.00 | 11.00 |
| 14 | VARIL 6" Ø | 1 | M | 12.00 | 12.00 |
| 15 | VARIL 6 1/2" Ø | 1 | M | 13.00 | 13.00 |
| 16 | VARIL 7" Ø | 1 | M | 14.00 | 14.00 |
| 17 | VARIL 7 1/2" Ø | 1 | M | 15.00 | 15.00 |
| 18 | VARIL 8" Ø | 1 | M | 16.00 | 16.00 |
| 19 | VARIL 8 1/2" Ø | 1 | M | 17.00 | 17.00 |
| 20 | VARIL 9" Ø | 1 | M | 18.00 | 18.00 |
| 21 | VARIL 9 1/2" Ø | 1 | M | 19.00 | 19.00 |
| 22 | VARIL 10" Ø | 1 | M | 20.00 | 20.00 |
| 23 | VARIL 10 1/2" Ø | 1 | M | 21.00 | 21.00 |
| 24 | VARIL 11" Ø | 1 | M | 22.00 | 22.00 |
| 25 | VARIL 11 1/2" Ø | 1 | M | 23.00 | 23.00 |
| 26 | VARIL 12" Ø | 1 | M | 24.00 | 24.00 |
| 27 | VARIL 12 1/2" Ø | 1 | M | 25.00 | 25.00 |
| 28 | VARIL 13" Ø | 1 | M | 26.00 | 26.00 |
| 29 | VARIL 13 1/2" Ø | 1 | M | 27.00 | 27.00 |
| 30 | VARIL 14" Ø | 1 | M | 28.00 | 28.00 |
| 31 | VARIL 14 1/2" Ø | 1 | M | 29.00 | 29.00 |
| 32 | VARIL 15" Ø | 1 | M | 30.00 | 30.00 |
| 33 | VARIL 15 1/2" Ø | 1 | M | 31.00 | 31.00 |
| 34 | VARIL 16" Ø | 1 | M | 32.00 | 32.00 |
| 35 | VARIL 16 1/2" Ø | 1 | M | 33.00 | 33.00 |
| 36 | VARIL 17" Ø | 1 | M | 34.00 | 34.00 |
| 37 | VARIL 17 1/2" Ø | 1 | M | 35.00 | 35.00 |
| 38 | VARIL 18" Ø | 1 | M | 36.00 | 36.00 |
| 39 | VARIL 18 1/2" Ø | 1 | M | 37.00 | 37.00 |
| 40 | VARIL 19" Ø | 1 | M | 38.00 | 38.00 |
| 41 | VARIL 19 1/2" Ø | 1 | M | 39.00 | 39.00 |
| 42 | VARIL 20" Ø | 1 | M | 40.00 | 40.00 |
| 43 | VARIL 20 1/2" Ø | 1 | M | 41.00 | 41.00 |
| 44 | VARIL 21" Ø | 1 | M | 42.00 | 42.00 |
| 45 | VARIL 21 1/2" Ø | 1 | M | 43.00 | 43.00 |
| 46 | VARIL 22" Ø | 1 | M | 44.00 | 44.00 |
| 47 | VARIL 22 1/2" Ø | 1 | M | 45.00 | 45.00 |
| 48 | VARIL 23" Ø | 1 | M | 46.00 | 46.00 |
| 49 | VARIL 23 1/2" Ø | 1 | M | 47.00 | 47.00 |
| 50 | VARIL 24" Ø | 1 | M | 48.00 | 48.00 |
| 51 | VARIL 24 1/2" Ø | 1 | M | 49.00 | 49.00 |
| 52 | VARIL 25" Ø | 1 | M | 50.00 | 50.00 |
| 53 | VARIL 25 1/2" Ø | 1 | M | 51.00 | 51.00 |
| 54 | VARIL 26" Ø | 1 | M | 52.00 | 52.00 |
| 55 | VARIL 26 1/2" Ø | 1 | M | 53.00 | 53.00 |
| 56 | VARIL 27" Ø | 1 | M | 54.00 | 54.00 |
| 57 | VARIL 27 1/2" Ø | 1 | M | 55.00 | 55.00 |
| 58 | VARIL 28" Ø | 1 | M | 56.00 | 56.00 |
| 59 | VARIL 28 1/2" Ø | 1 | M | 57.00 | 57.00 |
| 60 | VARIL 29" Ø | 1 | M | 58.00 | 58.00 |
| 61 | VARIL 29 1/2" Ø | 1 | M | 59.00 | 59.00 |
| 62 | VARIL 30" Ø | 1 | M | 60.00 | 60.00 |
| 63 | VARIL 30 1/2" Ø | 1 | M | 61.00 | 61.00 |
| 64 | VARIL 31" Ø | 1 | M | 62.00 | 62.00 |
| 65 | VARIL 31 1/2" Ø | 1 | M | 63.00 | 63.00 |
| 66 | VARIL 32" Ø | 1 | M | 64.00 | 64.00 |
| 67 | VARIL 32 1/2" Ø | 1 | M | 65.00 | 65.00 |
| 68 | VARIL 33" Ø | 1 | M | 66.00 | 66.00 |
| 69 | VARIL 33 1/2" Ø | 1 | M | 67.00 | 67.00 |
| 70 | VARIL 34" Ø | 1 | M | 68.00 | 68.00 |
| 71 | VARIL 34 1/2" Ø | 1 | M | 69.00 | 69.00 |
| 72 | VARIL 35" Ø | 1 | M | 70.00 | 70.00 |
| 73 | VARIL 35 1/2" Ø | 1 | M | 71.00 | 71.00 |
| 74 | VARIL 36" Ø | 1 | M | 72.00 | 72.00 |
| 75 | VARIL 36 1/2" Ø | 1 | M | 73.00 | 73.00 |
| 76 | VARIL 37" Ø | 1 | M | 74.00 | 74.00 |
| 77 | VARIL 37 1/2" Ø | 1 | M | 75.00 | 75.00 |
| 78 | VARIL 38" Ø | 1 | M | 76.00 | 76.00 |
| 79 | VARIL 38 1/2" Ø | 1 | M | 77.00 | 77.00 |
| 80 | VARIL 39" Ø | 1 | M | 78.00 | 78.00 |
| 81 | VARIL 39 1/2" Ø | 1 | M | 79.00 | 79.00 |
| 82 | VARIL 40" Ø | 1 | M | 80.00 | 80.00 |
| 83 | VARIL 40 1/2" Ø | 1 | M | 81.00 | 81.00 |
| 84 | VARIL 41" Ø | 1 | M | 82.00 | 82.00 |
| 85 | VARIL 41 1/2" Ø | 1 | M | 83.00 | 83.00 |
| 86 | VARIL 42" Ø | 1 | M | 84.00 | 84.00 |
| 87 | VARIL 42 1/2" Ø | 1 | M | 85.00 | 85.00 |
| 88 | VARIL 43" Ø | 1 | M | 86.00 | 86.00 |
| 89 | VARIL 43 1/2" Ø | 1 | M | 87.00 | 87.00 |
| 90 | VARIL 44" Ø | 1 | M | 88.00 | 88.00 |
| 91 | VARIL 44 1/2" Ø | 1 | M | 89.00 | 89.00 |
| 92 | VARIL 45" Ø | 1 | M | 90.00 | 90.00 |
| 93 | VARIL 45 1/2" Ø | 1 | M | 91.00 | 91.00 |
| 94 | VARIL 46" Ø | 1 | M | 92.00 | 92.00 |
| 95 | VARIL 46 1/2" Ø | 1 | M | 93.00 | 93.00 |
| 96 | VARIL 47" Ø | 1 | M | 94.00 | 94.00 |
| 97 | VARIL 47 1/2" Ø | 1 | M | 95.00 | 95.00 |
| 98 | VARIL 48" Ø | 1 | M | 96.00 | 96.00 |
| 99 | VARIL 48 1/2" Ø | 1 | M | 97.00 | 97.00 |
| 100 | VARIL 49" Ø | 1 | M | 98.00 | 98.00 |
| 101 | VARIL 49 1/2" Ø | 1 | M | 99.00 | 99.00 |
| 102 | VARIL 50" Ø | 1 | M | 100.00 | 100.00 |

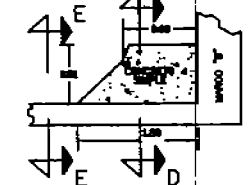


PLANTA

ELEVACION
MARCO A-A
SECCION H-H

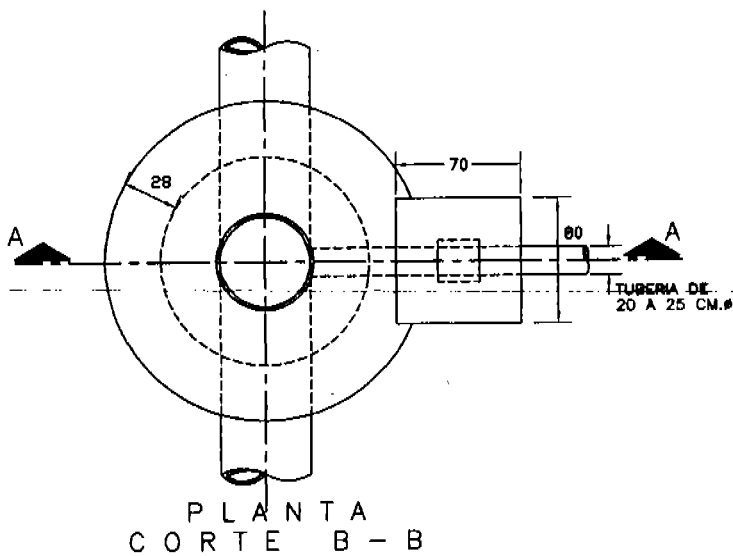
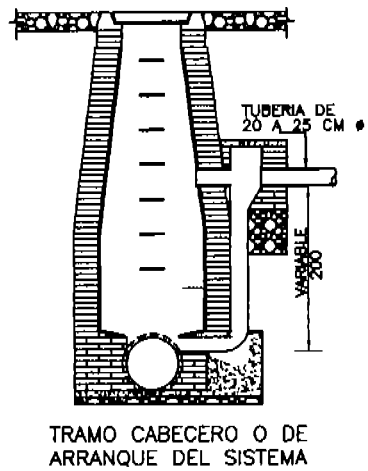
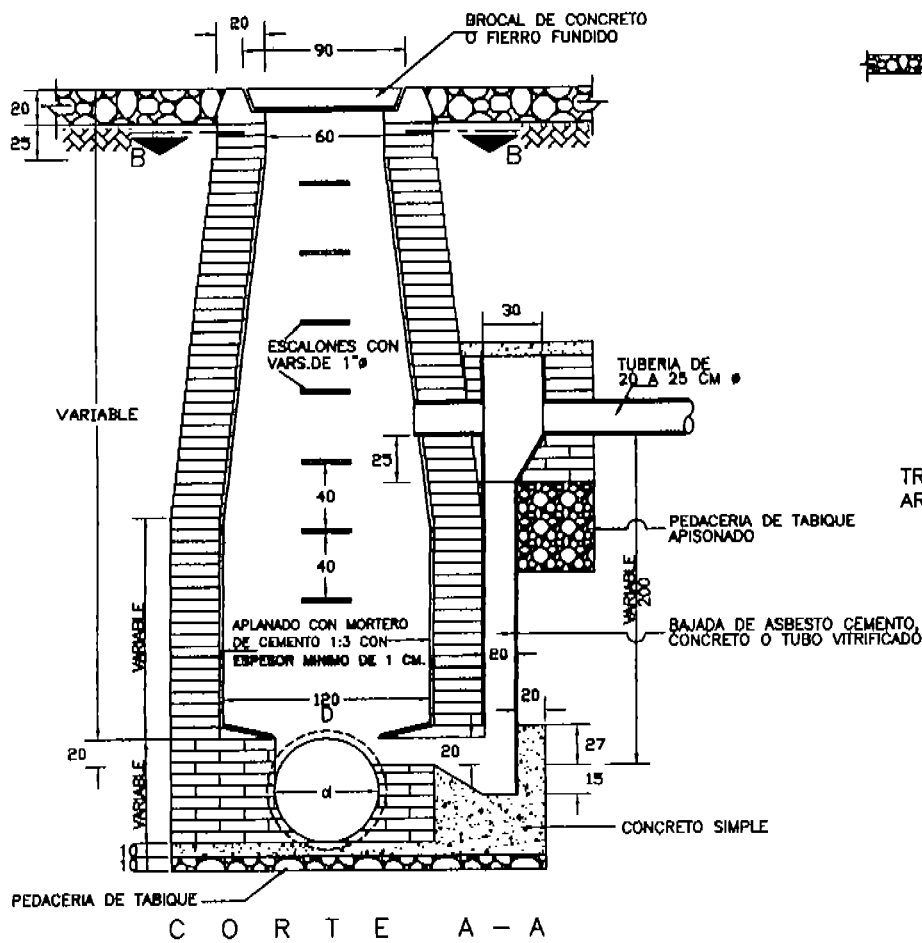


SECCION G-G



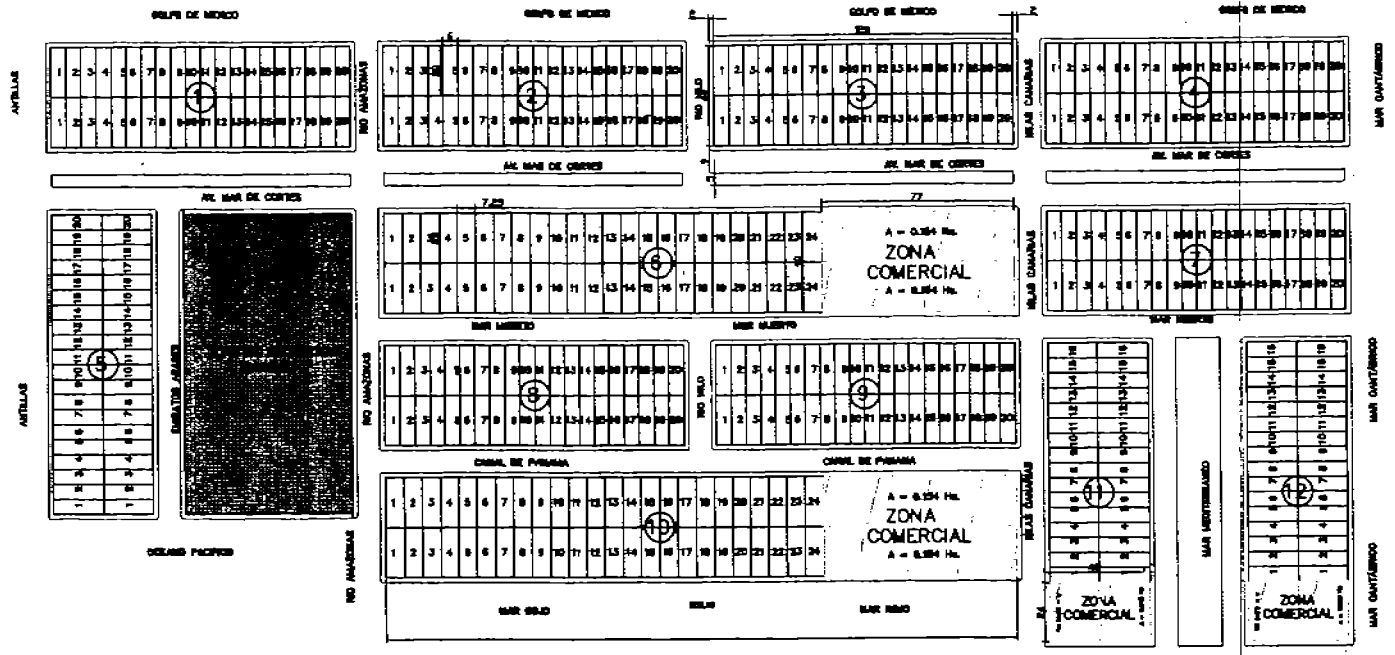
SECCION F-F

ALCANTARILLADO-CAJA UNION TIPO 2 CLAVE (U-2)
POZO CAJA UNION DIAMETRO DE 213 CM.
ENTRONQUES DE 91 A 152 CM.

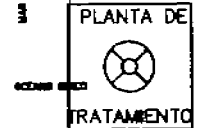


NOTAS.—
 PARA "d" DE 0.20 M. A 0.60 M: D=1.20 M.
 PARA "d" DE 0.76 M. A 1.07 M: D=1.50 M.
 LAS ACOTACIONES ESTAN EN CENTIMETROS,
 EXCEPTO LAS INDICADAS EN OTRA UNIDAD.

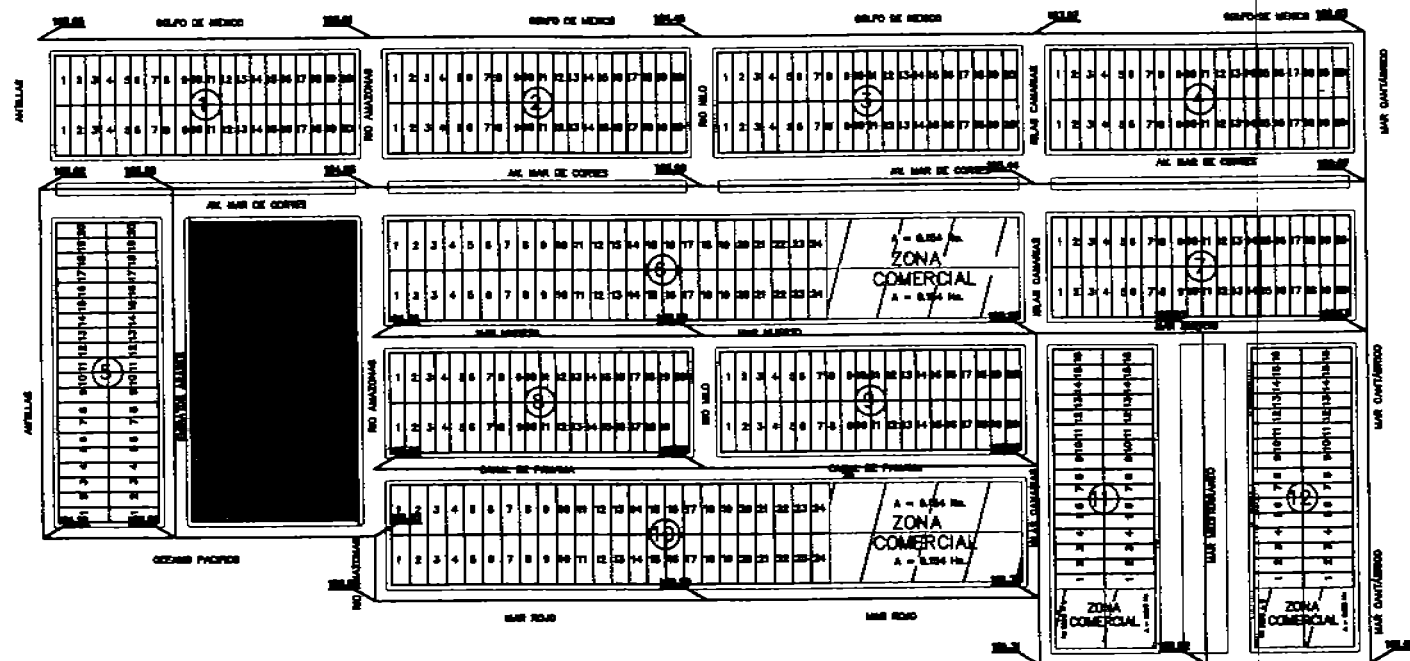
ALCANTARILLADO-POZO CON CAIDA CLAVE (CA-1)
 POZO CON CAIDA ADOSADA HASTA 2.00 m.
 TUBERIAS DE 20 A 25 CM. DE DIAMETRO



NOTAS:
 1.- ESCALA 1:1000
 2.- UNIDADES DE LONGITUD EN METROS
 3.- UNIDADES DE AREA EN HECTAREAS



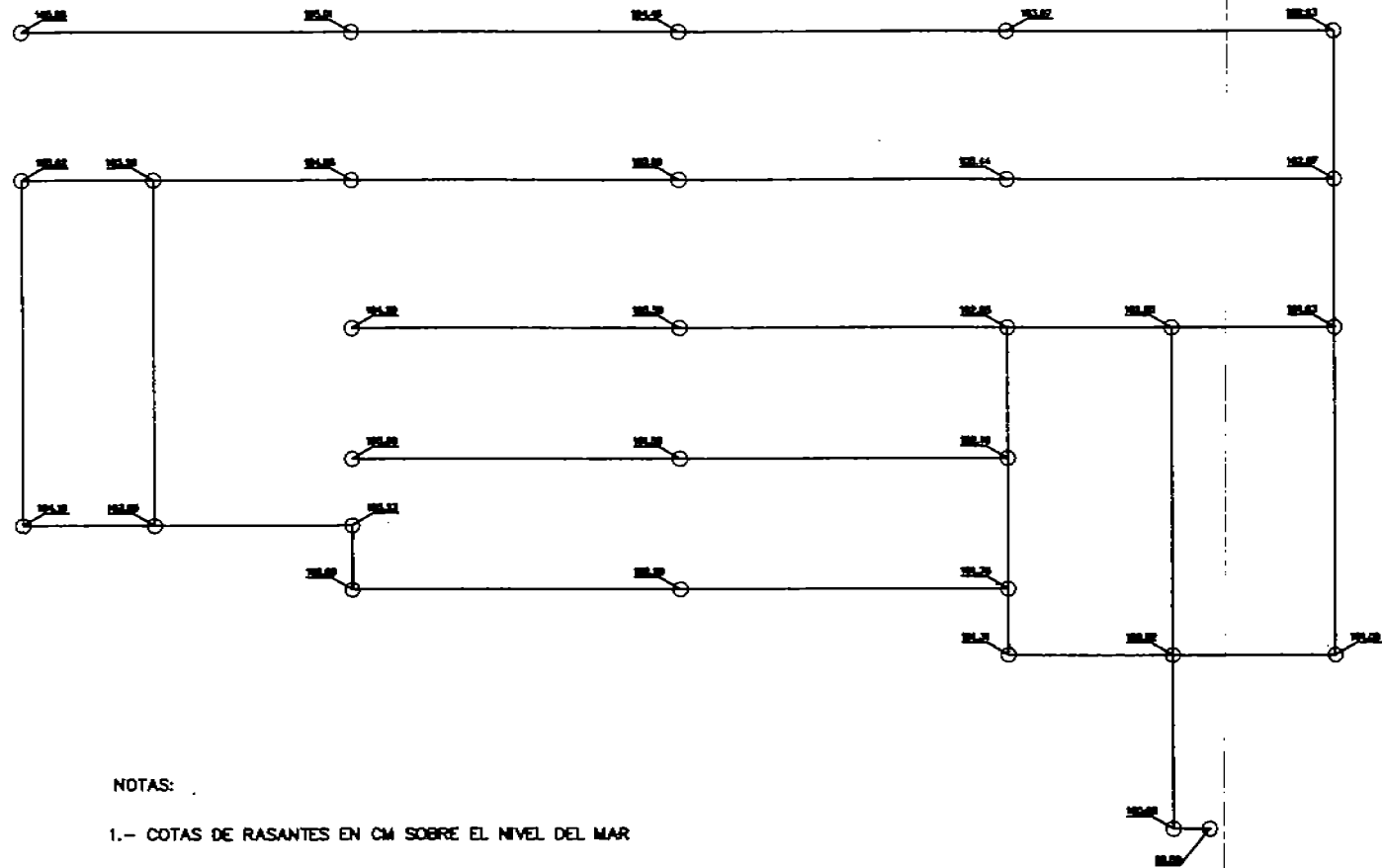
COLONIA DEL MAR



NOTAS:

1.- UNIDADES DE ÁREA EN HECTÁREAS

TRAZADO DE LA RED

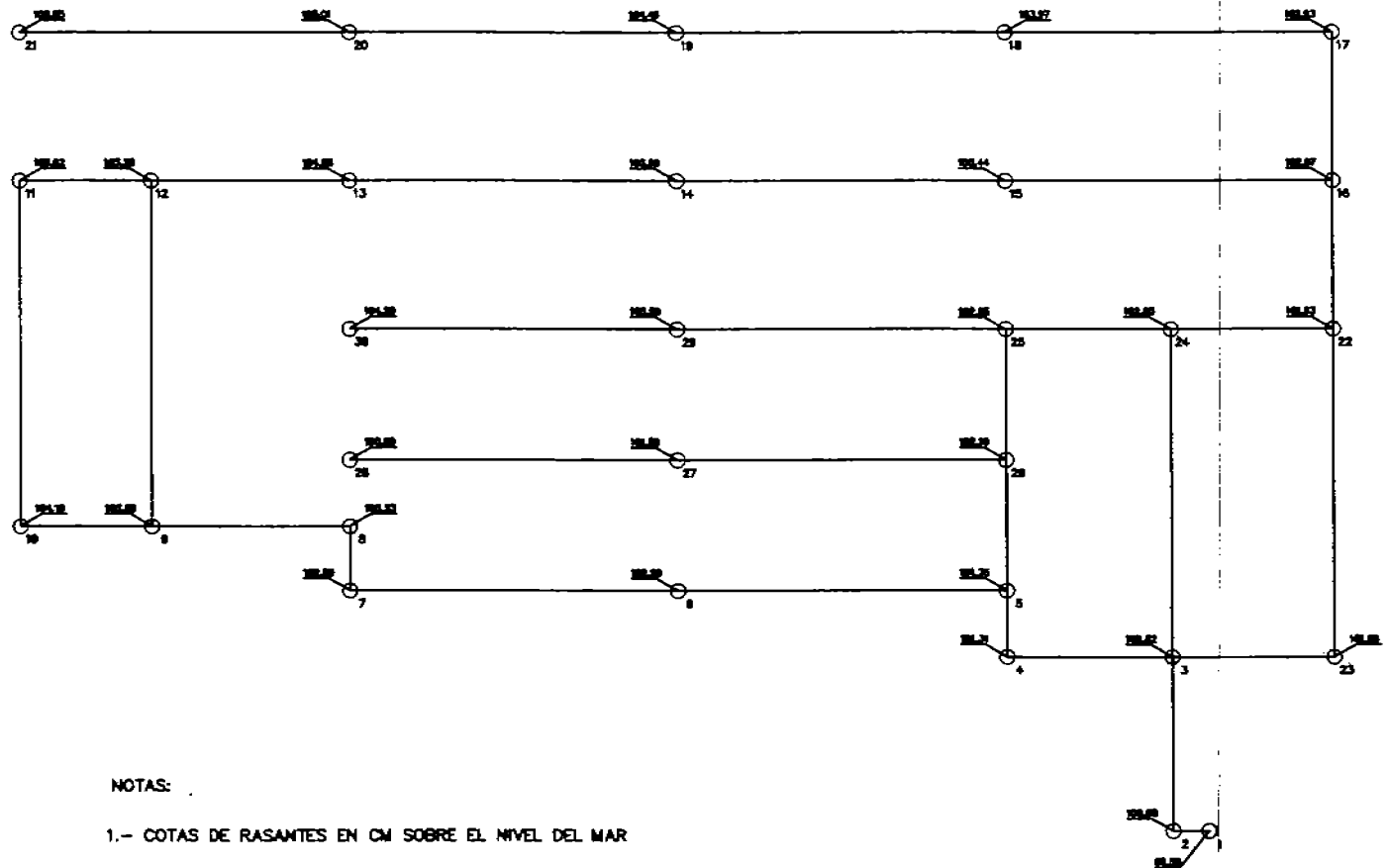


NOTAS:

1.- COTAS DE RASANTES EN CM SOBRE EL NIVEL DEL MAR

COLONIA DEL MAR
CIRCUITO RECONOCIDO

OSCAR PEREZ BARRERA ANEXO 14 1236

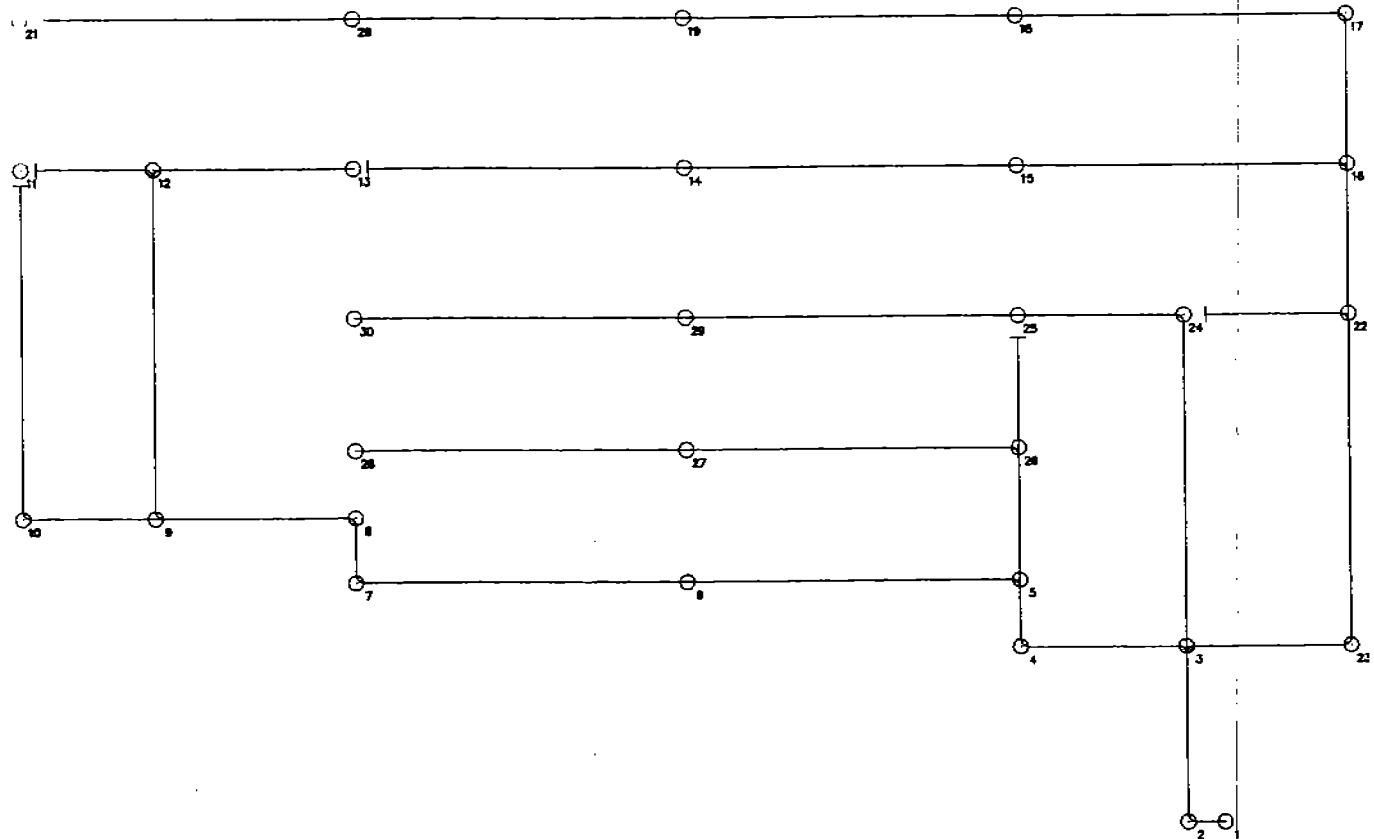


NOTAS:

1.- COTAS DE RASANTES EN CM SOBRE EL NIVEL DEL MAR

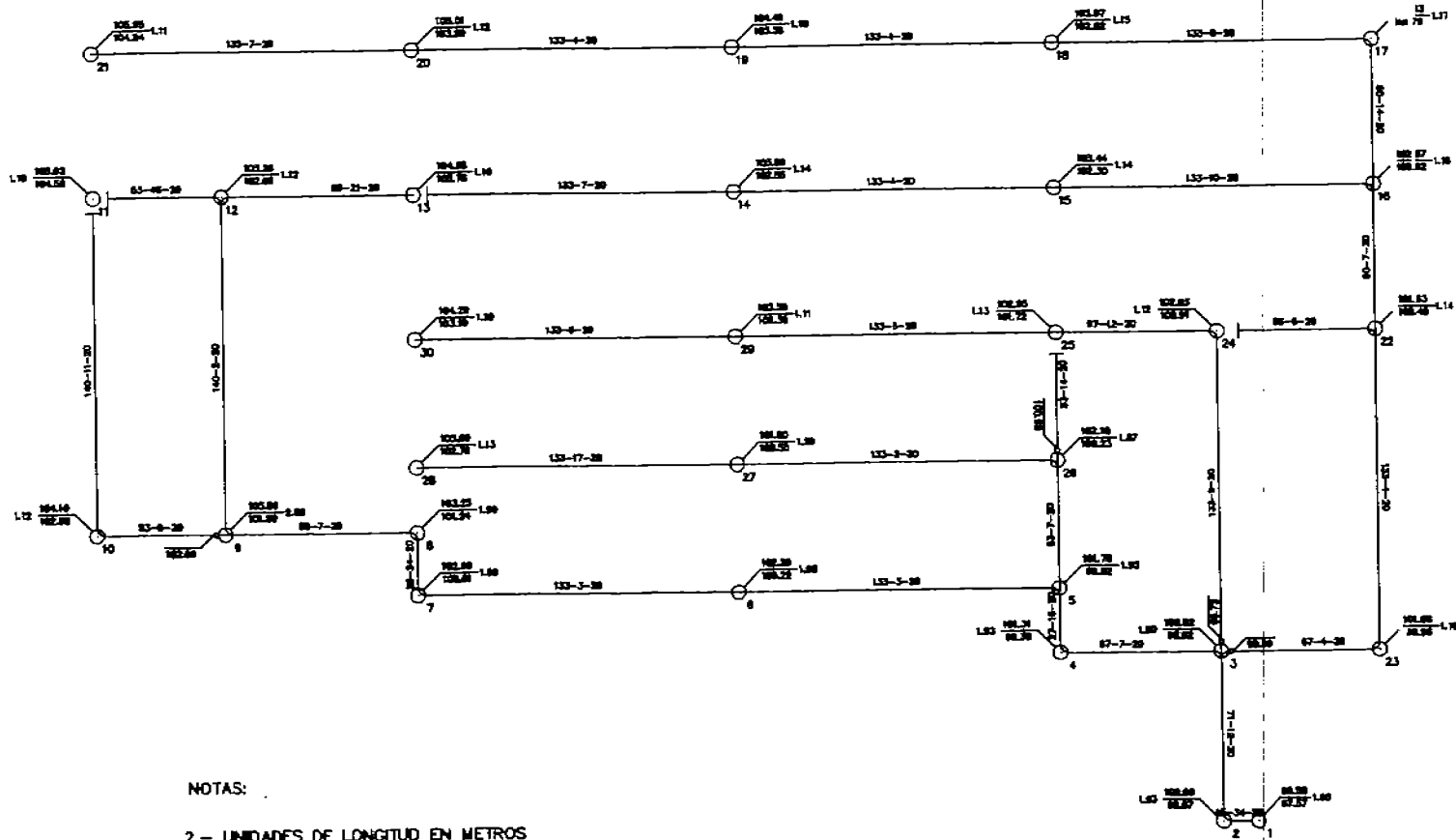
COLONIA DEL MAR
 NIVELACION DE POCOS

| | | |
|---------------------|----------|-------|
| OSCAR FENEZ RAMIREZ | ANEXO 18 | 10/05 |
|---------------------|----------|-------|



COLONIA DEL MAR
INDICAR CIBEZA DE ATARJEJA

| | | |
|---------------------|----------|------|
| OSCAR PEREZ RAMIREZ | ARJXD 16 | IESB |
|---------------------|----------|------|



NOTAS:

- 2.- UNIDADES DE LONGITUD EN METROS
- 2.- UNIDADES DE AREA EN HECTAREAS
- 3.- COTAS DE RASANTES EN CM SOBRE EL NIVEL DEL MAR
- 4.- LONGITUD (m) - PENDIENTE AL MILLAR - DIAMETRO (cm)

COLONIA DEL MAR
RED C LIGADA

| | | |
|---------------------|--------|-------|
| OSCAR PEREZ RAMIREZ | AÑO 17 | TESIS |
|---------------------|--------|-------|

ANEXO18. TABLA DE CALCULO HIDRAULICO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO

Proyecto: TESIS Autor: OSCAR PEREZ

HABITACIONAL
 POBLACION = 2400 Hab
 DENSIDAD POBLACION = 5.00 Hab/Un
 DOTACION = 185 l/Hab/Dia
 APORTACION = 145 l/Hab/Dia
 Q_{max} = 2.00 lps
 Q_{med} = 4.11 lps
 Q_{max inst} = 14.30 lps
 Q_{max prev} = 17.15 lps

COMERCIAL
 AREA COMERCIAL = 0.81 Has
 POBLACION = 327.57 Hab
 DOTACION = 0.87 l/Hab/Dia
 APORTACION = 0.89 l/Hab/Dia
 Q_{max} = 0.28 lps
 Q_{med} = 0.66 lps
 Q_{max inst} = 1.96 lps
 Q_{max prev} = 2.34 lps

Coef. Pervisión = 1.28
 Coef. Harmon = 3.48
 Total Unidades = 480.00

GASTO MEDIO = 2.34 lps
 GASTO MEDIO = 4.67 lps
 GASTO MAX INST. = 18.25 lps
 GASTO MAX. PREV. = 18.68 lps

| NOMBRE DE LA CALLE | TRAMO | UNIDADES DRENADAS | | | POBLACION | AREA COM. IND. Y EQUIPAMIENTO(Ha.) | | | POBLACION AREA COM. IND. Y EQUIP. | COEF. HARMON | GASTOS(lps) | | | COTAS TERRENO(m) | | PENDIENTE(m/m) | | DIAMETRO | | | Coef. Reg. Manning |
|--------------------|-------|-------------------|------------|-------|-----------|------------------------------------|------------|-------|-----------------------------------|--------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|---------|----------------|-----------|--------------|----------------|-------|--------------------|
| | | Tramo | Tributaria | Total | | Tramo | Tributaria | Total | | | Q _{med} | Q _{max} | Q _{max Prev} | Inicial | Final | Terreno | Propuesta | Cálculo (cm) | Comercial (cm) | País. | |
| ANTILLAS | 11-10 | 20 | 0 | 20 | 100 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 4.244 | 1.500 | 1.500 | 7.638 | 106.820 | 104.100 | 11.000 | 11 | 9.810 | 20 | 8" | 0.009 |
| AV. MAR DE CORTES | 13-12 | 13 | 0 | 13 | 65 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 4.290 | 1.500 | 1.500 | 7.723 | 104.880 | 103.290 | 21.000 | 21 | 8.814 | 20 | 8" | 0.009 |
| AV. MAR DE CORTES | 11-12 | 7 | 0 | 7 | 35 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 4.344 | 1.500 | 1.500 | 7.819 | 106.620 | 103.290 | 48.000 | 48 | 7.845 | 20 | 8" | 0.009 |
| OCEANO PACIFICO | 10-9 | 0 | 20 | 20 | 100 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 4.244 | 1.500 | 1.500 | 7.638 | 104.100 | 103.800 | 8.000 | 8 | 11.102 | 20 | 8" | 0.009 |
| EMIRATOS ARABES | 12-9 | 20 | 20 | 40 | 200 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 4.148 | 1.500 | 1.500 | 7.488 | 103.200 | 103.800 | 2.000 | 2 | 13.528 | 20 | 8" | 0.009 |
| AV. MAR DE CORTES | 13-14 | 37 | 0 | 37 | 185 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 4.180 | 1.500 | 1.500 | 7.488 | 104.880 | 103.990 | 7.000 | 7 | 10.708 | 20 | 8" | 0.009 |
| AV. MAR DE CORTES | 14-15 | 27 | 37 | 64 | 320 | 8.154 | 0.000 | 0.154 | 62 | 4.031 | 1.500 | 1.500 | 7.258 | 103.990 | 103.440 | 4.000 | 4 | 11.751 | 20 | 8" | 0.009 |
| AV. MAR DE CORTES | 15-16 | 40 | 64 | 104 | 529 | 0.000 | 0.154 | 0.154 | 62 | 3.938 | 1.500 | 1.500 | 7.091 | 103.440 | 102.070 | 10.000 | 10 | 9.811 | 20 | 8" | 0.009 |
| GOLFO DE MEXICO | 21-20 | 20 | 0 | 20 | 100 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 4.244 | 1.500 | 1.500 | 7.638 | 106.820 | 105.018 | 7.000 | 7 | 10.788 | 20 | 8" | 0.009 |
| GOLFO DE MEXICO | 20-19 | 20 | 20 | 40 | 200 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 4.148 | 1.500 | 1.500 | 7.488 | 106.018 | 104.488 | 4.000 | 4 | 11.878 | 20 | 8" | 0.009 |
| GOLFO DE MEXICO | 19-18 | 20 | 40 | 60 | 300 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 4.078 | 1.500 | 1.500 | 7.341 | 104.488 | 103.970 | 4.000 | 4 | 11.803 | 20 | 8" | 0.009 |
| GOLFO DE MEXICO | 18-17 | 20 | 60 | 80 | 400 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 4.022 | 1.500 | 1.500 | 7.240 | 103.970 | 102.930 | 8.000 | 8 | 10.310 | 20 | 8" | 0.009 |
| MAR CANTABRICO | 17-16 | 0 | 80 | 80 | 400 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 4.022 | 1.500 | 1.500 | 7.240 | 102.930 | 102.970 | 14.000 | 14 | 9.283 | 20 | 8" | 0.009 |
| MAR MUERTO | 24-22 | 10 | 0 | 10 | 50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 4.315 | 1.500 | 1.500 | 7.768 | 102.030 | 101.630 | 8.000 | 8 | 11.172 | 20 | 8" | 0.009 |
| MAR CANTABRICO | 16-22 | 0 | 184 | 184 | 920 | 0.000 | 0.154 | 0.154 | 62 | 3.805 | 1.683 | 1.500 | 7.684 | 102.070 | 101.530 | 7.000 | 7 | 10.810 | 20 | 8" | 0.009 |
| MAR MUERTO | 30-29 | 37 | 0 | 37 | 185 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 4.180 | 1.500 | 1.500 | 7.488 | 104.290 | 103.508 | 8.000 | 8 | 11.020 | 20 | 8" | 0.009 |
| MAR MUERTO | 29-25 | 27 | 37 | 64 | 320 | 0.154 | 0.000 | 0.154 | 62 | 4.031 | 1.500 | 1.500 | 7.258 | 103.500 | 102.850 | 5.000 | 5 | 11.270 | 20 | 8" | 0.009 |
| MAR MUERTO | 25-24 | 10 | 64 | 74 | 370 | 0.000 | 8.154 | 0.154 | 62 | 4.006 | 1.500 | 1.500 | 7.211 | 102.850 | 102.030 | 12.000 | 12 | 9.541 | 20 | 8" | 0.009 |
| CANAL DE PANAMA | 26-27 | 37 | 0 | 37 | 185 | 0.000 | 0.800 | 0.000 | 0 | 4.180 | 1.500 | 1.500 | 7.488 | 103.890 | 101.800 | 17.000 | 17 | 9.085 | 20 | 8" | 0.009 |
| CANAL DE PANAMA | 27-26 | 27 | 37 | 64 | 320 | 8.154 | 0.000 | 8.154 | 62 | 4.831 | 1.500 | 1.500 | 7.258 | 101.800 | 102.100 | 2.000 | 2 | 13.382 | 20 | 8" | 0.009 |
| ISLAS CANARIAS | 25-26 | 7 | 0 | 7 | 35 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 4.344 | 1.500 | 1.500 | 7.819 | 102.850 | 102.100 | 14.000 | 14 | 9.555 | 20 | 8" | 0.009 |
| OCEANO PACIFICO | 9-8 | 0 | 80 | 80 | 300 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 4.078 | 1.500 | 1.500 | 7.341 | 103.800 | 103.230 | 7.000 | 7 | 10.627 | 20 | 8" | 0.009 |
| RIO AMAZONIAS | 8-7 | 8 | 80 | 88 | 300 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 4.078 | 1.500 | 1.500 | 7.341 | 103.230 | 102.800 | 24.000 | 24 | 8.435 | 20 | 8" | 0.009 |
| MAR ROJO | 7-8 | 17 | 60 | 77 | 385 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 4.030 | 1.500 | 1.500 | 7.254 | 102.800 | 102.200 | 3.000 | 3 | 12.401 | 20 | 8" | 0.009 |
| MAR ROJO | 6-5 | 7 | 77 | 84 | 420 | 0.154 | 0.000 | 0.154 | 62 | 3.982 | 1.500 | 1.500 | 7.168 | 102.200 | 101.750 | 8.000 | 8 | 12.348 | 20 | 8" | 0.009 |
| ISLAS CANARIAS | 26-5 | 9 | 71 | 80 | 400 | 0.000 | 0.154 | 0.154 | 62 | 3.981 | 1.500 | 1.500 | 7.185 | 102.100 | 101.750 | 7.000 | 7 | 10.541 | 20 | 8" | 0.009 |
| ISLAS CANARIAS | 5-4 | 0 | 184 | 184 | 920 | 0.048 | 0.398 | 0.350 | 144 | 3.810 | 1.852 | 1.500 | 7.552 | 101.750 | 101.310 | 16.000 | 16 | 9.198 | 20 | 8" | 0.009 |
| MAR DE LA PLATA | 4-3 | 0 | 184 | 184 | 920 | 0.000 | 0.398 | 0.398 | 144 | 3.810 | 1.852 | 1.500 | 7.552 | 101.310 | 100.820 | 7.000 | 7 | 10.741 | 20 | 8" | 0.009 |
| MAR MEDITERRANEO | 24-3 | 32 | 74 | 106 | 530 | 0.098 | 0.154 | 0.250 | 101 | 3.920 | 1.500 | 1.500 | 7.056 | 102.030 | 100.820 | 9.000 | 9 | 9.988 | 20 | 8" | 0.009 |
| MAR CANTABRICO | 22-23 | 16 | 194 | 210 | 1050 | 0.048 | 0.154 | 0.202 | 62 | 3.765 | 1.939 | 1.500 | 8.758 | 101.630 | 101.080 | 4.000 | 4 | 12.611 | 20 | 8" | 0.009 |
| MAR DE LA PLATA | 23-3 | 0 | 210 | 210 | 1050 | 0.000 | 0.202 | 0.202 | 62 | 3.765 | 1.939 | 1.500 | 8.758 | 101.080 | 100.820 | 4.000 | 4 | 12.611 | 20 | 8" | 0.009 |
| MAR MEDITERRANEO | 3-2 | 0 | 480 | 480 | 2400 | 0.000 | 0.806 | 0.806 | 328 | 3.477 | 4.872 | 2.336 | 18.496 | 100.820 | 100.980 | 12.000 | 12 | 13.854 | 20 | 8" | 0.009 |
| OCEANO INDICO | 2-1 | 0 | 480 | 480 | 2400 | 0.000 | 0.806 | 0.806 | 328 | 3.477 | 4.872 | 2.336 | 18.496 | 100.000 | 99.500 | 34.000 | 34 | 11.398 | 20 | 8" | 0.009 |

ANEXO18. TABLA DE CALCULO HIDRAULICO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO

Proyecto: TESIS Autor: OSCAR PEREZ

| TUBO LLENO | | RELACION DE GASTOS | | RELACION VELOCIDAD | | RELACION TIRANTES | | VELOCIDAD (m/s) | | TIRANTE (cm) | | COTA CLAYE (m) | | COTA BATEA (m) | | PROFUNDIDAD (m) | | VOLUMENES (m ³) | | | OBSERVACIONES |
|------------|-----------|--------------------|----------|--------------------|----------|-------------------|---------|-----------------|-------|--------------|-------|----------------|---------|----------------|---------|-----------------|-------|-----------------------------|----------|---------|---------------|
| QII (lps) | VII (m/s) | Qmax/QII | Qmin/QII | Vmax/VII | Vmin/VII | ymax/D | ymind/D | Vmax | Vmin | ymax | ymind | Inicial | Final | Inicial | Final | Pozo | Medio | Extracción | Plavilla | Refrero | |
| 51.836 | 1.598 | 0.029 | 0.147 | 0.443 | 0.718 | 0.117 | 0.259 | 0.707 | 1.144 | 2.375 | 5.271 | 104.720 | 103.180 | 104.517 | 102.977 | 1.003 | 1.023 | 106.388 | 10.500 | 95.886 | |
| 71.822 | 2.209 | 0.021 | 0.108 | 0.492 | 0.654 | 0.100 | 0.222 | 0.587 | 1.444 | 2.036 | 4.506 | 103.980 | 102.306 | 103.777 | 102.097 | 1.003 | 1.083 | 80.192 | 8.000 | 54.192 | |
| 108.003 | 3.269 | 0.014 | 0.974 | 0.357 | 0.585 | 0.083 | 0.184 | 1.186 | 1.911 | 1.689 | 3.736 | 104.720 | 102.282 | 104.517 | 102.079 | 1.003 | 1.021 | 40.235 | 3.975 | 36.260 | |
| 38.284 | 1.181 | 0.039 | 0.200 | 0.485 | 0.780 | 0.135 | 0.303 | 0.572 | 0.921 | 2.746 | 6.155 | 103.180 | 102.862 | 102.977 | 102.659 | 1.023 | 1.041 | 41.030 | 3.975 | 37.055 | |
| 22.103 | 0.682 | 0.068 | 0.338 | 0.571 | 0.903 | 0.178 | 0.461 | 0.389 | 0.816 | 3.585 | 8.139 | 102.282 | 102.002 | 102.079 | 101.799 | 1.021 | 1.001 | 153.428 | 10.500 | 142.928 | |
| 41.351 | 1.275 | 0.036 | 0.181 | 0.474 | 0.759 | 0.130 | 0.268 | 0.804 | 0.968 | 2.647 | 5.855 | 103.980 | 103.049 | 103.777 | 102.848 | 1.003 | 1.044 | 102.114 | 9.975 | 92.139 | |
| 31.258 | 0.984 | 0.048 | 0.232 | 0.515 | 0.814 | 0.149 | 0.328 | 0.498 | 0.785 | 3.029 | 6.680 | 103.049 | 102.517 | 102.848 | 102.314 | 1.044 | 1.026 | 103.261 | 9.975 | 93.286 | |
| 48.424 | 1.324 | 0.030 | 0.143 | 0.449 | 0.710 | 0.120 | 0.256 | 0.684 | 1.082 | 2.429 | 5.200 | 102.500 | 101.170 | 102.297 | 101.967 | 1.043 | 1.023 | 102.084 | 9.975 | 92.089 | |
| 41.351 | 1.275 | 0.036 | 0.185 | 0.474 | 0.763 | 0.130 | 0.291 | 0.604 | 0.973 | 2.647 | 5.915 | 106.041 | 104.110 | 104.838 | 103.907 | 1.012 | 1.003 | 100.518 | 9.975 | 90.543 | |
| 31.258 | 0.984 | 0.048 | 0.239 | 0.515 | 0.821 | 0.149 | 0.333 | 0.498 | 0.791 | 3.029 | 6.780 | 104.092 | 103.580 | 103.889 | 103.357 | 1.021 | 1.003 | 100.967 | 9.975 | 99.992 | |
| 31.258 | 0.984 | 0.048 | 0.235 | 0.515 | 0.817 | 0.149 | 0.330 | 0.496 | 0.787 | 3.029 | 6.701 | 103.580 | 103.028 | 103.357 | 102.825 | 1.003 | 1.045 | 102.164 | 9.975 | 92.189 | |
| 44.206 | 1.363 | 0.034 | 0.184 | 0.464 | 0.738 | 0.126 | 0.274 | 0.633 | 1.005 | 2.583 | 5.982 | 103.028 | 101.964 | 102.825 | 101.761 | 1.045 | 1.059 | 105.458 | 8.975 | 95.481 | |
| 58.479 | 1.803 | 0.028 | 0.124 | 0.427 | 0.680 | 0.110 | 0.238 | 0.776 | 1.227 | 2.242 | 4.828 | 101.984 | 101.124 | 101.761 | 100.921 | 1.089 | 1.049 | 47.884 | 4.500 | 43.384 | |
| 38.284 | 1.181 | 0.039 | 0.203 | 0.485 | 0.784 | 0.135 | 0.308 | 0.572 | 0.925 | 2.746 | 6.298 | 101.129 | 100.730 | 100.926 | 100.527 | 1.004 | 1.003 | 59.060 | 4.987 | 45.072 | |
| 41.351 | 1.275 | 0.036 | 0.188 | 0.474 | 0.765 | 0.130 | 0.282 | 0.804 | 0.878 | 2.647 | 5.933 | 101.124 | 100.704 | 100.921 | 100.501 | 1.049 | 1.029 | 46.784 | 4.500 | 42.284 | |
| 38.284 | 1.181 | 0.039 | 0.198 | 0.485 | 0.778 | 0.135 | 0.300 | 0.572 | 0.916 | 2.746 | 6.092 | 103.380 | 102.592 | 103.187 | 102.399 | 1.003 | 1.011 | 100.468 | 9.975 | 90.493 | |
| 34.948 | 1.878 | 0.043 | 0.206 | 0.498 | 0.769 | 0.141 | 0.309 | 0.537 | 0.890 | 2.879 | 6.284 | 102.992 | 101.927 | 102.389 | 101.724 | 1.011 | 1.028 | 101.815 | 9.975 | 91.840 | |
| 54.141 | 1.670 | 0.028 | 0.133 | 0.437 | 0.685 | 0.114 | 0.246 | 0.729 | 1.089 | 2.328 | 5.008 | 101.927 | 101.129 | 101.724 | 100.826 | 1.028 | 1.004 | 50.833 | 4.983 | 45.850 | |
| 64.441 | 1.967 | 0.023 | 0.116 | 0.415 | 0.688 | 0.105 | 0.230 | 0.824 | 1.328 | 2.140 | 4.677 | 102.961 | 100.700 | 102.758 | 100.497 | 1.032 | 1.003 | 101.518 | 9.975 | 91.541 | |
| 22.103 | 0.682 | 0.068 | 0.328 | 0.571 | 0.896 | 0.178 | 0.384 | 0.389 | 0.811 | 3.585 | 8.013 | 100.700 | 100.434 | 100.497 | 100.231 | 1.003 | 1.788 | 138.273 | 9.975 | 128.298 | |
| 58.479 | 1.803 | 0.028 | 0.134 | 0.427 | 0.698 | 0.110 | 0.247 | 0.770 | 1.256 | 2.242 | 5.018 | 101.927 | 101.185 | 101.724 | 100.982 | 1.028 | 1.018 | 40.632 | 3.975 | 36.657 | |
| 41.351 | 1.275 | 0.036 | 0.178 | 0.474 | 0.755 | 0.130 | 0.288 | 0.804 | 0.982 | 2.647 | 5.796 | 102.002 | 101.442 | 101.799 | 101.238 | 1.001 | 1.001 | 113.772 | 6.000 | 107.772 | |
| 78.567 | 2.361 | 0.020 | 0.088 | 0.394 | 0.632 | 0.097 | 0.209 | 0.929 | 1.491 | 1.971 | 4.250 | 101.442 | 100.818 | 101.239 | 100.515 | 1.001 | 1.065 | 36.820 | 1.950 | 34.870 | |
| 27.071 | 0.836 | 0.055 | 0.268 | 0.537 | 0.847 | 0.180 | 0.354 | 0.448 | 0.707 | 3.248 | 7.184 | 100.818 | 100.419 | 100.815 | 100.216 | 1.005 | 1.084 | 187.998 | 9.975 | 178.024 | |
| 27.071 | 0.836 | 0.055 | 0.268 | 0.537 | 0.845 | 0.180 | 0.351 | 0.448 | 0.705 | 3.248 | 7.138 | 100.419 | 100.020 | 100.216 | 99.617 | 1.004 | 1.033 | 185.405 | 9.975 | 173.430 | |
| 41.351 | 1.275 | 0.036 | 0.174 | 0.474 | 0.750 | 0.130 | 0.282 | 0.804 | 0.967 | 2.647 | 5.732 | 100.434 | 100.063 | 100.231 | 99.869 | 1.789 | 1.790 | 70.743 | 3.975 | 66.768 | |
| 62.517 | 1.928 | 0.024 | 0.121 | 0.418 | 0.678 | 0.107 | 0.235 | 0.808 | 1.382 | 2.171 | 4.769 | 100.020 | 99.588 | 99.617 | 99.395 | 1.633 | 1.025 | 37.041 | 2.025 | 35.016 | |
| 41.351 | 1.275 | 0.036 | 0.183 | 0.474 | 0.761 | 0.130 | 0.289 | 0.804 | 0.970 | 2.647 | 5.851 | 99.588 | 99.123 | 99.385 | 98.919 | 1.825 | 1.001 | 99.421 | 4.986 | 85.433 | |
| 46.688 | 1.446 | 0.032 | 0.150 | 0.468 | 0.720 | 0.123 | 0.282 | 0.650 | 1.041 | 2.491 | 5.327 | 101.117 | 99.920 | 100.914 | 99.717 | 1.018 | 1.003 | 100.718 | 9.975 | 90.743 | |
| 31.258 | 0.984 | 0.048 | 0.280 | 0.515 | 0.858 | 0.149 | 0.362 | 0.498 | 0.827 | 3.029 | 7.357 | 100.982 | 100.180 | 100.489 | 99.957 | 1.041 | 1.003 | 101.964 | 9.975 | 91.989 | |
| 31.258 | 0.984 | 0.048 | 0.280 | 0.515 | 0.856 | 0.149 | 0.362 | 0.498 | 0.827 | 3.029 | 7.357 | 100.180 | 99.894 | 99.957 | 99.691 | 1.003 | 1.029 | 50.883 | 4.983 | 45.895 | |
| 54.141 | 1.679 | 0.043 | 0.360 | 0.499 | 0.918 | 0.142 | 0.415 | 0.633 | 1.533 | 2.877 | 6.429 | 99.123 | 98.277 | 98.919 | 98.073 | 1.001 | 1.027 | 95.889 | 5.268 | 90.621 | |
| 91.133 | 2.819 | 0.028 | 0.214 | 0.427 | 0.708 | 0.110 | 0.314 | 1.199 | 2.236 | 2.241 | 6.382 | 98.277 | 97.775 | 98.973 | 97.572 | 1.827 | 1.028 | 20.208 | 1.106 | 19.102 | |