



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA LOS
POCITOS, DEL MUNICIPIO DE VILLA CANALES,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Víctor Genaro Hernández Álvarez

Asesorado por Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, octubre de 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I:	Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
VOCAL II:	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III:	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR:	Ing. Luis Alfaro Veliz
EXAMINADOR:	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR:	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA LOS POCITOS, DEL MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 3 de septiembre de 2003.

Víctor Genaro Hernández Álvarez

ACTO QUE DEDICO A:

A mis padres

Rafael Antonio Hernández

por sus sabios consejos

y Victoria Álvarez de Hernández (QEPD)

Vivirá por siempre en mi corazón.

A mi esposa

Giovanna Patricia Acevedo de Hernández

con todo mi amor.

A mis hijos

Víctor Gerardo y Javier Alejandro

Con profundo amor.

A mis hermanos

Rafael Antonio, Juan Manuel, Julia Verónica, María Victoria, Silvia de Jesús, América Amelia y Jorge Geovani

por su solidaridad.

A todos mis familiares y amigos

Por su apoyo y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Mi Padre Celestial, por haberme guiado e iluminado para poder alcanzar esta meta.

A la Virgen María

Madre que me ha dado su bendición y protección.

A mis padres

Dios les bendiga.

A mi esposa e hijos

Por su comprensión, amor y apoyo incondicional impulsándome a seguir adelante.

A mis hermanos, familiares y amigos

En especial a Ing. Jorge Luis Briones, Carlos Pinto y Alvaro Figueroa.

Al Ingeniero Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Por su valioso apoyo y asesoría brindada como coordinador del área de E.P.S. y asesor del presente trabajo de graduación.

A la Municipalidad de Villa Canales

Administrada por el señor Héctor Rolando Monterroso.

A la Unidad Técnica de la municipalidad de Villa Canales

En especial a la Arquitecta Nineth Paz, por el apoyo brindado en la realización de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	IX
OBJETIVOS	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Aspectos monográficos de la aldea Los Pocitos	1
1.1.1. Caracterización socioeconómica de los beneficiarios	1
1.1.1.1. Localización geográfica	1
1.1.1.2. Vías de acceso	1
1.1.1.3. Aspectos topográficos	2
1.1.1.4. Condiciones climáticas	2
1.1.1.5. Composición étnica de la población	3
1.1.2. Actividades socioeconómicas	3
1.1.2.1. Tipo de vivienda	3
1.1.2.2. Actividades económicas	3
1.1.3. Servicios públicos existentes	4
1.1.4. Aspectos de Salud	4
1.1.4.1. Condiciones sanitarias	4
1.1.4.2. Mortalidad, morbilidad y servicios de Salud	5
1.1.5. Aspectos socioculturales	5
1.1.5.1. Lengua	5
1.1.5.2. Organización social	5
1.1.6. Problemas y necesidades identificados	6

1.1.7. Problemas de la población por la falta de un sistema de drenaje para la disposición de aguas residuales	6
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO-PROFESIONAL	7
2.1. Generalidades de sistemas de alcantarillados	7
2.1.1. Tipos de acometidas	8
2.1.1.1. Acometidas individuales	9
2.1.1.2. Acometidas conjuntas	9
2.1.2. Tipos de redes de alcantarillado	10
2.1.2.1. Alcantarillas separativas o sanitarias	10
2.1.2.2. Alcantarillas pluviales	11
2.1.2.3. Alcantarillas unitarias o combinado	11
2.1.2.4. Características	11
2.2. Consideraciones sobre el diseño de un sistema de drenaje	13
2.2.1. Datos estadísticos	13
2.2.2. Período de diseño	13
2.2.3. Población futura	14
2.2.3.1. Cálculo de la población futura por el método de incremento geométrico	14
2.2.4. Dotación de agua potable	15
2.2.5. Levantamiento topográfico	15
2.3. Consideraciones para el diseño de un sistema de drenaje	16
2.3.1. Principios de hidráulica en el cálculo de drenajes	16
2.3.2. Fórmulas usadas en el cálculo	16
2.3.2.1. Fórmula de Chezy	17
2.3.2.2. Fórmula de Manning	18
2.3.2.3. Fórmula de Manning-Strickler	19
2.3.3. Diagramas, tablas y sus aplicaciones	20

2.3.4. Comportamiento hidráulico de la sección parcialmente llena	20
2.3.5. <i>Parámetros de velocidades permisibles</i>	22
2.3.6. Caudal de diseño para aguas residuales	22
2.3.6.1. Caudal domiciliar	23
2.3.6.2. Caudal comercial	24
2.3.6.3. Caudal industrial	24
2.3.6.4. Caudal de infiltración	24
2.3.6.5. Caudal por conexiones ilícitas	25
2.3.7. Factor de caudal medio	25
2.3.8. Caudal máximo	26
2.3.9. <i>Cotas invert</i>	27
2.3.10. Pendiente hidráulica	27
2.3.11. Volumen de excavación	28
2.3.12. Volumen de relleno	29
2.3.13. Volumen de retiro	29
2.3.14. Manual de mantenimiento para drenaje sanitario	30
2.3.14.1. Pozos de visita	30
2.3.14.2. Colectores de 6" y 8"	30
2.3.14.3. Conexiones domiciliarias	31
2.3.14.4. Recomendación	31
2.4. Diseño del alcantarillado sanitario de la aldea Los Pocitos	32
2.4.1. Alternativa adoptada	32
2.4.2. Descripción del proyecto	32
2.4.3. Tiempo de ejecución	33
2.4.4. Costo directo del proyecto	33
2.4.5. Beneficiarios del proyecto	33
2.4.6. Metas y resultados	33
2.4.7. Parámetros de diseño	34

2.4.8. Diseño hidráulico	35
2.4.9. Presupuesto	39
2.4.9.1. Resumen de materiales	39
2.5. Especificaciones técnicas de construcción	40
2.5.1. Ejecución del trabajo	40
2.5.1.1. Información general	40
2.5.1.2. Limpia, chapeo y desmonte	41
2.5.1.3. Zanjeo	41
2.5.1.3.1. Profundidad y ancho de zanja	42
2.5.1.4. Colocación de tubería	45
2.5.1.5. Juntas	46
2.5.1.6. Relleno	46
2.5.1.7. Rotura y reposición de pavimentos	48
2.5.1.8. Obras accesorias	48
2.5.1.8.1. Pozos de visita	48
2.5.1.8.2. Conexiones domiciliarias	50
2.5.1.9. Objeto de la inspección	51
2.5.1.10. Pruebas de tuberías	52
2.5.1.11. Materiales	52
2.5.1.12. Desfogue o disposición final	53
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFÍA	59
APÉNDICE	61
ANEXO	82

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Analogía en el comportamiento de un canal abierto y una tubería trabajando en sección parcialmente llena	16
2	Sección transversal de un canal y un ducto	17
3	Volumen de excavación para una zanja	28
4	Plano de localización aldea Los Pocitos	71
5	Plano de ubicación aldea Los Pocitos	72
6	Plano de densidad de vivienda 1/9	73
7	Plano topográfico 2/9	74
8	Planta general 3/9	75
9	Plano planta perfil 4/9	76
10	Plano planta perfil 5/9	77
11	Plano planta perfil 6/9	78
12	Plano planta perfil 7/9	79
13	Plano de pozos de visita 8/9	80
14	Plano de conexiones domiciliar 9/9	81

TABLAS

I	Rutas de acceso a la aldea Los Pocitos	2
II	Parámetros de diseño	34
III	Resumen de materiales	39
IV	Profundidades mínimas para la tubería, según tránsito vehicular	43
V	Ancho libre de zanja, según profundidad y diámetro de tubería	44
VI	Diseño hidráulico del alcantarillado sanitario	63
VII	Listado de materiales	67
VIII	Presupuesto	68
IX	Listado de herramientas	69
X	Integración del costo directo	69

GLOSARIO

Acometida	Conducto que transporta las aguas residuales y/o de lluvia desde la vivienda hasta el colector público.
Afluente	Caudal de agua que sale de la alcantarilla.
Aguas residuales	Son las aguas que son retiradas de una vivienda, comercio o industria después de haber sido utilizadas, tienen una relación directa con el caudal que ingresa, ya que una menor parte es consumida en diversos usos. Otros términos utilizados como sinónimos son aguas servidas, aguas negras o cloacales.
Alcantarillado	Sistema formado por obras accesorias, tuberías o conductos generalmente cerrados, que no trabajan a presión y que conducen aguas residuales o pluviales.
Alcantarillado de aguas combinadas	Sistema compuesto por todas las obras destinadas a la recolección y transporte de las aguas residuales así como de las de agua de lluvia.
Alcantarillado de agua pluvial	Sistema compuesto por todas las obras destinadas a la recolección y transporte del agua de lluvia.

Alcantarillado de agua residual	Sistema compuesto por todas las obras destinadas a la recolección y transporte de las aguas residuales.
Altimetría	Parte de la topografía que sirve para medir las alturas de un terreno referenciadas a un punto.
Área tributaria	Superficie que drena hacia un punto determinado
Caudal	Es un volumen de líquido que circula a través de una tubería en una unidad de tiempo determinado.
Coeficiente de escorrentía	Relación que existe entre la escorrentía y la cantidad de lluvia que cae en una determinada área. Depende del tipo de superficie.
Colector	Tubería, generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas indeseables de la población al lugar de desfogue.
Colector principal	Sucesión de tramos de tubería que recolectan todos los caudales y los dirige hacia el punto de desfogue.
Colector secundario	Sucesión de tramos de tubería que contribuyen caudal al colector principal.

Conexión domiciliar	Es un sistema de drenaje intradomiciliar que conduce las aguas residuales fuera de la vivienda.
Contaminación	Efecto nocivo que afecta el medio ambiente en general.
<i>Cota invert</i>	Es la cota de la parte inferior del diámetro interno de la tubería instalada.
Demografía	Es la ciencia cuyo objetivo es la población.
Densidad de vivienda	Es la relación que existe entre el número de viviendas por unidad de área.
Descarga	Vertido de las aguas provenientes de un colector principal, las que pueden estar crudas o tratadas, en un cuerpo receptor.
Dotación	Estimación de la cantidad promedio de agua que consume cada habitante por día.
Factor de caudal máximo o de Harmond	Factor de seguridad para las horas pico, está en relación directa con la población.

Factor de caudal medio	Es la relación entre la suma de los caudales y los habitantes a quienes se va a servir.
Factor de retorno	Porcentaje de agua que después de ser utilizada, retorna al sistema de drenaje o alcantarillado.
Factor de rugosidad	Factor que expresa la intensidad de la rugosidad de una tubería según el material con que sea fabricada.
GPM	Caudal de aguas residuales en galones por minuto.
Lodos activados	Sistema biológico anaeróbico de aireación extendida.
Período de diseño	Tiempo durante el cual la obra diseñada prestará un servicio satisfactorio.
Planimetría	Parte de la topografía que se emplea para medir superficies planas de terreno.
Pozo de visita	Estructura con tapa removible, empleada como medio de inspección y limpieza de las tuberías.

RESUMEN

Con el propósito de satisfacer las necesidades de los pobladores de la aldea Los Pocitos, en lo que se refiere a saneamiento, se presenta una propuesta de diseño para la construcción del sistema de drenaje sanitario.

El presente trabajo de graduación fue elaborado como una contribución de la Universidad de San Carlos hacia los pobladores del municipio de Villa Canales. Consta de dos capítulos, el primero es la fase de investigación, en la cual se explican los aspectos monográficos y la caracterización socioeconómica de la comunidad en estudio, se abarca información como ubicación geográfica, vías de acceso, condiciones climáticas y topográficas, actividades socioeconómicas de los habitantes, aspectos socioculturales. Identifica los servicios públicos que existen y a los que tienen acceso los habitantes. Por último, se identifica la necesidad de un sistema de drenaje sanitario.

En el segundo capítulo, se explica el aporte técnico profesional de proponer una solución a las demandas identificadas: un sistema de drenajes sanitarios para la comunidad. Se mencionan las generalidades de los sistemas de alcantarillados así como las consideraciones sobre la planificación de un sistema de drenajes; se incluye además el listado de materiales, presupuesto, cronograma de ejecución y los planos finales para su ejecución.

OBJETIVOS

- **General**

Contribuir al progreso del municipio de Villa Canales con el aporte técnico profesional por parte de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través del Ejercicio Profesional Supervisado, E.P.S., con el afán de servir a la población necesitada y proponer soluciones viables a las demandas que se identifiquen como prioritarias, en materia de servicios básicos y a nivel de planificación.

- **Específicos**

1. Desarrollar la planificación del proyecto de alcantarillado sanitario de la aldea Los Pocitos, del municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala.
2. Presentar un costo estimado para la ejecución del proyecto.
3. Presentar a la municipalidad de Villa Canales la planificación respectiva con la finalidad de que programe la inversión necesaria para su ejecución física.
4. Dar soluciones al problema propuesto, de tal manera que sean factibles, tanto técnica como económicamente; y prever el crecimiento demográfico del área de cobertura para lograr una prolongada vida útil.

INTRODUCCIÓN

Para lograr el desarrollo de las comunidades del interior del país, es necesario dotarlos de los servicios básicos tales como: sistemas de abastecimiento de agua potable, drenajes, disposición y manejo de basuras etc.

En las comunidades que cuentan con un servicio de agua potable, es necesario que cuente además, con un sistema adecuado de evacuación de las aguas residuales provenientes de las viviendas, comercios e industria, para evitar que las mismas corran a flor de tierra, y se conviertan en focos de contaminación dentro de la misma comunidad, causando enfermedades, especialmente a la población infantil.

La eliminación de las aguas servidas provenientes de la vida doméstica ha sido uno de los problemas que presenta más preocupación al hombre y, por ende, a las agrupaciones humanas.

Para la evacuación de las aguas servidas o residuales se hace necesario el uso de un drenaje sanitario, tal es el caso de estudio del presente trabajo de graduación.

Un drenaje se define como la extracción del agua superficial o subterránea de una zona determinada por medios naturales o artificiales. El término drenaje suele aplicarse a la eliminación del exceso de agua con canales, desagües, zanjias, alcantarillas y otros tipos de sistemas para recoger y transportar agua con ayuda de bombas o por la fuerza de la gravedad.

En el caso del presente trabajo, se define un drenaje como un ducto cerrado para drenar un líquido por debajo de la superficie del suelo, sin obstaculizar el paso de calles, carreteras, ferrocarriles, edificaciones y todo lo que tenga relación con una población o ciudad. La pendiente de un drenaje y sus condiciones de entrada y salida se suelen determinar por la topografía del terreno. Debido a que cada región presenta características propias y las combinaciones que se obtienen al variar las condiciones de entrada, condiciones de salida y pendiente, no existe un modelo típico a seguir; se tiene que diseñar un sistema de drenaje particularmente único para cada región.

En el presente trabajo de graduación, se propone el diseño funcional para un sistema de drenaje sanitario para la aldea Los Pocitos, jurisdicción del municipio de Villa Canales, en el departamento de Guatemala. Se expone en el capítulo 1 la información monográfica del lugar, se mencionan todos los aspectos que se consideran importantes y que intervienen, de alguna manera, en la planificación. El capítulo 2, trata sobre las consideraciones generales para la planificación de un sistema de alcantarillado sanitario y que forman parte de los aspectos técnicos en dicho proyecto; se dan en el mismo, los conocimientos básicos que deben considerarse para la elaboración del diseño y, posteriormente, los resultados de los cálculos efectuados, el costo total del proyecto y los planos finales, lo que incluyen planos planta perfil del diseño hidráulico y los planos prototipo de las obras complementarias, tales como pozos de visita, conexiones domiciliarias etc..

Se incluye además en el mismo, las normas generales para el diseño de redes de alcantarillado vigentes a la fecha.

Se menciona, las especificaciones técnicas que deberán considerarse para la ejecución física del proyecto.

Además, se incluye el Manual de operación y mantenimiento, esto se hace con el propósito de que el sistema funcione adecuadamente durante su vida útil.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Aspectos monográficos de la aldea Los Pocitos

1.1.1. Caracterización socioeconómica de los beneficiarios

1.1.1.1. Localización geográfica

La aldea Los Pocitos pertenece al municipio de Villa Canales, del departamento de Guatemala, se puede localizar en el mapa 1:50,000 del Instituto geográfico Nacional, en las hojas correspondientes a Amatitlán 2059 II y Guanagazapa 2058 I, en las siguientes coordenadas geográficas:

Latitud: 14° 19' 57"

Longitud: 90° 35' 44"

La altura sobre el nivel del mar es de 1,250 metros.

1.1.1.2. Vías de acceso

Se puede llegar a la Aldea por la Carretera Interamericana CA-1, que es la que conduce a El Salvador. De la cabecera municipal se recorren 18 kilómetros, por la ruta departamental 10, carretera asfaltada, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla I. Rutas de acceso a la aldea Los Pocitos.

Desde	Destino	Distancia	Tipo	Carretera
Ciudad capital	Villa Canales	21 kms.	CA-1	Asfalto
Cabecera municipal	Los Pocitos	18 kms.	RD-10	Asfalto

Fuente: Diccionario Geográfico de Guatemala, Tomo II, pág. 1,015.

Existen carreteras, en su mayoría asfaltadas, que conectan con comunidades y municipios vecinos que hacen transitable en toda época del año el acceso a la comunidad.

El transporte colectivo es constante y en un tiempo aproximado de 1 ½ horas desde la ciudad capital, se puede llegar a la aldea Los Pocitos.

1.1.1.3. Aspectos topográficos

La topografía del terreno es quebrada, con pendientes moderadamente pronunciadas que van desde el 2% al 18%. El tipo de suelo es abundante en vegetación en un sector y, además, existe otro sector dentro de la aldea, denominado El Pedregal, cuyo suelo es pedregoso.

1.1.1.4. Condiciones climáticas

El clima en la localidad es templado, las temperaturas oscilan entre los 15°C la mínima y 23°C la máxima; tiene un 70% de evapotranspiración y el porcentaje de días claros al año es de 50%. Solamente se marcan dos estaciones al año, verano e invierno. La precipitación media anual va desde 1057 a 1588 mm.

1.1.1.5. Composición étnica de la población

Un mayor porcentaje de la población es ladina, mientras que el resto lo constituye un pequeño porcentaje de indígenas.

1.1.2. Actividades socioeconómicas

1.1.2.1. Tipo de vivienda

Las viviendas se presentan ubicadas en forma semi-concentrada en la aldea. El tipo de vivienda es en su mayoría casas formales de block y techos de lámina, aunque en el sector ubicado en la parte alta de la aldea, denominado El Pedregal, las viviendas, en su mayoría son de madera, con techo de lámina y piso de cemento. En el sector existen también fincas, la que en su mayoría se dedican al cultivo de la piña y a la ganadería.

1.1.2.2. Actividades económicas

La actividad económica principal es la agricultura, el cultivo predominante es la piña, también siembran pepino, tomate, maíz y frijol. La otra parte de la población se dedica a la crianza de ganado vacuno y a la venta de su carne.

Según lo encuestado, se pudo observar que un pequeño porcentaje de la población se traslada a su trabajo fuera de la aldea, hacia la ciudad capital o a la cabecera municipal y el resto de la población, forma parte de las actividades económicas de la aldea.

1.1.3. Servicios públicos existentes

Los servicios con los que cuenta la aldea Los Pocitos, son los siguientes:

- Abastecimiento de agua potable
- Energía eléctrica y alumbrado público
- Infraestructura vial pavimentada
- Teléfonos públicos y privados
- Transporte colectivo extra-urbano
- Escuela primaria
- Salón comunal de usos múltiples
- Puesto de salud

De acuerdo a lo anterior, se puede observar la falta de un sistema de evacuación de aguas residuales en la aldea y, por ende, se convierte en un servicio básico necesario.

1.1.4. Aspectos de Salud

1.1.4.1. Condiciones sanitarias

Las condiciones sanitarias y de salud en la aldea se consideran regulares, por lo cual, con la construcción del sistema de alcantarillado sanitario, mejorarán notablemente.

1.1.4.2. Mortalidad, morbilidad y servicios de Salud

El índice de mortalidad y morbilidad ocasionado por enfermedades de origen gastrointestinal, generado por malas condiciones de salud, se presenta en menor escala, debido a que en la aldea, tienen acceso a los servicios de salud, ya que cuentan con Puesto de Salud.

1.1.5. Aspectos socioculturales

1.1.5.1. Lengua

El idioma predominante en la comunidad es el español, en un 100% de su población.

1.1.5.2. Organización social

Los pobladores de la aldea Los Pocitos están organizados en un comité específico para el desarrollo en la aldea, el comité lo conforma: un presidente, un vicepresidente, un secretario, un tesorero, un vocal I, un vocal II, un vocal III, un vocal IV, un vocal V y un vocal VI. Ha sido a través de este comité que se ha gestionado ante la municipalidad el estudio para la ejecución del proyecto de alcantarillado sanitario para la Aldea.

1.1.6. Problemas y necesidades identificados

Uno de los problemas que es necesario resolver es la evacuación de aguas residuales de origen doméstico en la Aldea, por medio de un sistema de alcantarillado sanitario que pueda servir a todas las viviendas en la comunidad.

Otros de los servicios que necesita la comunidad son: pavimentación de calles y drenajes pluviales.

1.1.7. Problemas de la población por la falta de un sistema de drenaje para la disposición de aguas residuales de origen doméstico

Se plantea la necesidad de servicios básicos en la Aldea, la planificación de un sistema de alcantarillado que recolecte las aguas provenientes de las viviendas (después de haber sido servidas o usadas) y las conduzca a través de un sistema de colectores para ser vertidas a un lugar de desfogue para su tratamiento adecuado, predefinido por el estudiante epesista con el consentimiento de las autoridades ediles y personas del comité. Le corresponde a la municipalidad, la forma de financiamiento y tiempo de ejecución entre otros aspectos que conlleven, finalmente, a la construcción del proyecto y su funcionamiento.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO-PROFESIONAL

2.1. Generalidades de sistemas de alcantarillados

La existencia del servicio de acueducto exige el servicio de alcantarillado para las aguas negras y servidas, ya que de no ser así, se pone en riesgo la salud y la tranquilidad de la población.

Las aguas de lluvia exigen ser evacuadas también mediante sistemas de drenajes en colectores, canales, aún utilizando las vías públicas en ciertos tramos. De no ser recogidas y dispuestas en una corriente superficial, sin desmedro, aguas abajo, de las condiciones del régimen del flujo de la corriente receptora aguas abajo o aguas arriba que puede causar daños: Las inundaciones, la interrupción del tráfico y el daño en las viviendas sería inminente.

Todos los productos residuales en estado líquido, conjuntamente con la lluvia y las aguas superficiales e infiltradas, se conocen con el nombre de aguas residuales.

La disposición de las aguas residuales industriales, comerciales y domésticas puede realizarse mediante dos métodos:

- Recolección en el lugar de origen y evacuación posterior, a través de diversos medios de transporte.

- Método de transporte hidráulico, es decir, la recolección y la evacuación inmediata se efectúan mediante estructuras hidráulicas (alcantarillas, canales, etc.)

En el primer método, las aguas residuales se recolectan en pozos, los cuales son descargados con regularidad, por ejemplo, por medio de depósitos móviles halados por animales o vehículos motorizados, y llevados a un lugar adecuado para su tratamiento. Este método presenta grandes desventajas; por ejemplo, se debe mantener un amplio parqueo vehicular, además, durante el transporte y en las operaciones de carga y descarga, se contamina la atmósfera y el suelo. Este método sólo resulta apropiado con afluentes reducidos y cuando la planta de tratamiento no está muy alejada.

El segundo método incluye un sistema de alcantarillas y sus respectivas estructuras, conocidas como sistema de alcantarillado o de desagüe. Los afluentes deben evacuarse rápidamente y a través de rutas cortas, para evitar que se descompongan en las alcantarillas. El sistema de alcantarillado puede recolectar otros tipos de aguas residuales de la misma zona de drenaje, como agua pluvial, agua infiltrada, etc.

2.1.1. Tipos de acometidas

Los sistemas de alcantarillado están compuestos por acometidas de aguas residuales y aguas de lluvia, las cuales son conductos que transportan las aguas residuales y/o lluvias desde la vivienda hasta el colector público.

En éste proyecto se plantearán dos tipos acometidas, acometidas individuales y acometidas conjuntas.

2.1.1.1. Acometidas individuales

Las acometidas individuales o conexiones domiciliarias, tiene como finalidad transportar las aguas residuales originadas en las viviendas a las alcantarillas secundarias o a cualquier otra alcantarilla, excepto a otra acometida domiciliar. Normalmente se construye una caja de inspección para acometida, ésta tendrá una tapa removible a nivel de la superficie, con el objetivo de facilitar las labores de mantenimiento en la conexión.

Cuando el alcantarillado principal sea del tipo separado y la red del inmueble sea del tipo combinado, se deberá construir una aliviadero con el fin de separar las aguas.

2.1.1.2. Acometidas conjuntas

En el caso de viviendas unifamiliares, cuyo frente sea de 6 metros o cuando las condiciones económicas lo requieran, se podrá construir una sola caja de empalme para cada dos viviendas, con el fin de tener una sola acometida a la red principal.

Las acometidas vierten sus aguas residuales y/o de lluvia a colectores, los cuales puede clasificar en:

- Colectores laterales, aquellos que reciben las aguas negras y/o lluvias directamente de las acometidas.
- Colector secundario, aquellos que reciben las aguas procedentes de uno o varios colectores laterales.

- Colector principal, es la serie de tramos de colectores que transportan el mayor caudal y se identifican siguiendo la ruta de mayor caudal.
- Descarga final, recibe esta denominación el tramo de colector que va desde la última cámara de inspección o pozo de visita que recibe contribuciones domiciliarias hasta el sitio de disposición final.

2.1.2. Tipos de redes de alcantarillado

A lo largo de las experiencias se han desarrollado tres tipos de redes de alcantarillados: **separativas, pluviales y unitarias**. Estas se refieren principalmente al tipo de aguas evacuadas por las redes correspondientes como a los propios colectores.

2.1.2.1. Alcantarillas separativas o sanitarias

Fueron concebidas con el propósito de evacuar las aguas residuales de origen doméstico, comercial, industrial e institucional a fin de conseguir el saneamiento de las poblaciones. Es preciso contar también con las aportaciones debidas a la infiltración y a caudales ilícitos o incontrolables. Las alcantarillas separativas pueden constituir sistemas convencionales de circulación por gravedad (principalmente) o bien pueden ser del tipo de presión o vacío (muy poco utilizadas) que son normalmente pequeñas, su diseño no incluye aportaciones de agua procedentes de infiltración y solamente recogen una fracción de las aguas de origen industrial debido a los grandes volúmenes generados por la industria.

2.1.2.2. Alcantarillas pluviales

Tienen por objeto la recogida, exclusivamente, de las aguas de lluvia, procedentes de calles, techos y otras fuentes. Salvo algunas excepciones, el diseño de las alcantarillas pluviales puede ser similar al de las sanitarias, aunque estas últimas son de mayor tamaño.

2.1.2.3. Alcantarillas unitarias o combinado

Se utilizan para la recogida de aguas residuales como pluviales. Asimismo pueden recoger infiltraciones y caudales ilícitos o incontrolables.

Con objeto de reducir o eliminar la contaminación asociada a los aliviaderos de las alcantarillas unitarias, la tendencia actual debería ser la de construir alcantarillas separativas en caso de redes nuevas o cuando se necesite la renovación de las antiguas, aunque la construcción de un sistema está ligado fuertemente al recurso económico con que se cuenta.

2.1.2.4. Características

Los tipos, tamaños y longitudes de las alcantarillas en las redes de alcantarillado dependen de las características de la población y la ubicación de la estación depuradora o deposición final.

El tamaño de las alcantarillas viene determinado por el caudal a transportar y por las normas que establecen el mínimo tamaño permisible.

La longitud total de alcantarillado, con independencia del tamaño, depende de las características urbanas de la población y de la situación de la estación depuradora.

La principal instalación complementaria de las redes de alcantarillado es el pozo de registro, el cual permite la conexión entre alcantarillas y el acceso a las mismas para su limpieza.

El diseño básico de los sistemas de evacuación de las aguas residuales en las ciudades o zonas industriales, por lo general, está a cargo de las autoridades públicas. Estas pautas aseguran que el planeamiento de la administración del agua en las zonas en desarrollo esté de acuerdo con los planes que se ejecuten a nivel regional y nacional.

Un sistema de alcantarillado deberá ser diseñado y administrado siguiendo iguales consideraciones a las aplicadas en el caso de un sistema de abastecimiento de agua potable.

El diseño de un sistema de alcantarillado requiere un alto grado de conocimiento y experiencia, por lo tanto, sólo deberá estar a cargo de ingenieros competentes.

2.2. Consideraciones generales sobre la planificación de un sistema de drenaje

2.2.1. Datos estadísticos

Para el diseño del sistema de alcantarillado es necesario conocer el número de habitantes de la comunidad a quienes se va a beneficiar, esto se consigue con un censo practicado en la elaboración del anteproyecto, así como la tasa de crecimiento poblacional para el departamento de Guatemala. Estos datos los proporciona el Instituto Nacional de Estadística, INE y, de esta manera, se pueden obtener datos demográficos al inicio y al final del período de diseño.

La tasa de crecimiento poblacional media anual para el departamento de Guatemala durante el período 2000 al 2005 es de 2.93%.

2.2.2. Período de diseño

Es el tiempo en que la capacidad del sistema pueda atender la máxima demanda que se produce por el crecimiento de la población. Este período puede ser entre 20 a 30 años a partir de la fecha de su construcción, por lo que se debe tomar en cuenta el tiempo que se lleva la gestión de su financiamiento, en este caso es un año.

El sistema de alcantarillado en estudio está diseñado para que cumpla con una vida útil de 20 años.

2.2.3. Población futura

Un sistema de drenaje sanitario se diseña para que funcione con su máxima capacidad al haber transcurrido el período de diseño y con la población que se estima al finalizar el período.

2.2.3.1. Cálculo de la población futura por medio del método de incremento geométrico

Para el presente caso se optó por utilizar el método de incremento geométrico en el cálculo de la población futura por dos razones: a) Ya que no se tienen datos de censos anteriores, se tiene que efectuar un censo actual al momento de efectuar la investigación de campo; b) Teóricamente, se ha comprobado que las poblaciones en vías de desarrollo crecen en forma geométrica o exponencial, por lo tanto, este método responde más a la realidad.

La fórmula utilizada es:

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

En donde:

Pf = Población futura

Pa = Población actual

r = Tasa de crecimiento poblacional

n = Período de diseño en años

2.2.4. Dotación de agua potable

De acuerdo a los parámetros de diseño utilizados en el proyecto de agua potable, se determinó una dotación de 130 litros/habitante/día.

2.3.1. Levantamiento topográfico

Al efectuar el levantamiento topográfico del área que se va a drenar, no sólo hay que tomar en cuenta el área edificada en la actualidad, sino, las que puedan existir en un futuro y poder sumarse al sistema actual. El levantamiento se realizó lo suficientemente completo, en donde aparece la localización exacta de las calles, casas, edificios, escuelas y carreteras; en general, todo lo que guarde relación o afecte el desarrollo del proyecto. También se incluye la posible localización de la planta de tratamiento.

El método empleado en los levantamientos topográficos es el de conservación del azimut.

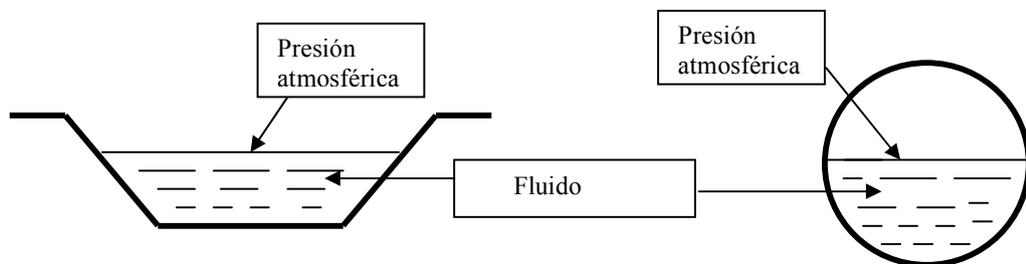
En cuanto a la altimetría, se refirió a una cota inicial establecida arbitrariamente. La nivelación se realizó sobre el eje de la calle y a distancias de 20 metros o menos cuando los accidentes del terreno lo obligaron, en todos los cruces de las calles. Se le dio especial importancia a la obtención de cotas de piso de terrenos o construcciones, para que no quedaran por debajo de la cota de la rasante de la calle del frente.

2.3. Consideraciones sobre el diseño de un sistema de drenaje

2.3.1. Principios de hidráulica en el cálculo de drenajes

La mayor parte de los alcantarillados se proyectan como canales abiertos, en los cuales el agua circula por acción de la gravedad y sin ninguna fuerza de presión, pues la superficie libre del fluido está en contacto con la atmósfera, es decir, actúa únicamente la presión atmosférica. Existen excepciones como los sifones invertidos y las tuberías de impulsión de las estaciones elevadas, que trabajan siempre con presión. Puede suceder que el canal esté cerrado y que, eventualmente se produzca alguna presión debido a la formación de gases.

Figura 1. Analogía en el comportamiento de un canal abierto y una tubería en sección parcialmente llena



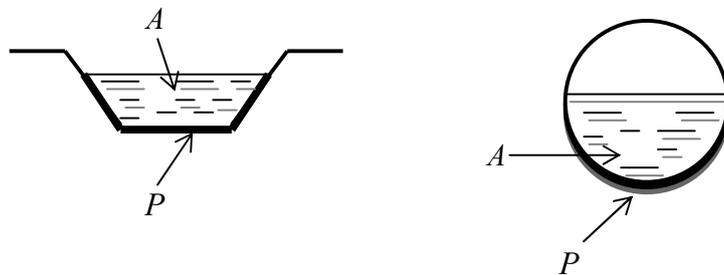
2.3.2. Fórmulas usadas en el cálculo

Para efectos de cálculo se considera el régimen permanente uniforme, esto es, flujo permanente en el cual la velocidad media permanece constante, en cualquier sección, por efecto de la gravedad y con una velocidad tal que la carga disponible, compense el rozamiento. En la figura 2 se ilustra el radio

hidráulico de la sección mojada en las secciones transversales. Las ecuaciones fundamentales son:

$$Q = V * A, \quad Rh = \frac{A}{P}$$

Figura 2. Sección transversal de un canal y un ducto



En donde:

Q : Caudal, en m³/s

Rh : El radio hidráulico de la sección mojada de la tubería, en m

A : Área de la sección transversal del flujo, en m²

P : Perímetro mojado, en m

V : Velocidad promedio, en m/s

2.3.2.1. Fórmula de Chezy

$$V = c * \sqrt{(Rh * s)},$$

$$Q = A * c * \sqrt{(Rh * s)}$$

El valor constante c está dado, a su vez, por otras fórmulas debidas a diferentes investigadores, por ejemplo, y es la más usada, la fórmula de Kutter, en la cual c depende de algunas constantes del radio hidráulico, de la pendiente y del coeficiente de rugosidad.

$$c = \frac{23 + \left(\frac{0.00155}{s}\right) + \left(\frac{1}{n}\right)}{1 + \left[23 + \left(\frac{0.00155}{s}\right) * \sqrt{\frac{n}{Rh}}\right]}$$

En donde:

s : Pendiente, en m/m

n : Coeficiente de rugosidad

2.3.2.2. Fórmula de Manning

El análisis y la investigación del flujo hidráulico, ha establecido que las condiciones de flujo y las pendientes hidráulicas en sistemas sanitarios por gravedad, pueden ser diseñados conservadoramente utilizando la ecuación de Manning.

El intento de las aguas negras de buscar su nivel induce a un movimiento conocido como flujo por gravedad.

Manning da valores a la constante c más aceptable, mediante la fórmula:

$$c = \frac{1}{n} * Rh^{1/6}$$

Que al sustituirla en la de Chezy, se obtiene la fórmula de Manning, la cual es una de las más usadas en el cálculo de alcantarillados.

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{2/3} * s^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{n} * Rh^{2/3} * s^{1/2} * A$$

En donde:

V : velocidad del flujo, en m/s

n : Coeficiente de rugosidad de Manning, adimensional. Representa las características internas de la tubería y sirve para calcular las pérdidas por fricción de la tubería, para tuberías de PVC se considera 0.009

S : Pendiente del tubo, en porcentaje

Rh: Radio hidráulico, en m

A : Área de la sección transversal del flujo, o área mojada, en m²

2.3.2.3. Fórmula de Manning-Strickler

Esta fórmula es muy parecida a la anterior, salvo en un cambio de constante, el coeficiente 1/n es sustituido por la constante k de Strickler.

$$V = k * Rh^{2/3} * s^{1/2}$$

$$Q = k * Rh^{2/3} * s^{1/2} * A$$

En donde:

k : Coeficiente de rugosidad de Strickler, adimensional. Representa las características internas de la tubería y sirve para calcular las pérdidas por fricción de la tubería, para tuberías de P.V.C. es 120

2.3.3. Diagramas, tablas y sus aplicaciones

Los proyectos y cálculo de alcantarillados exigen muchas determinaciones de velocidades, caudales, diámetros de tubería y pendientes, por lo que es de interés llegar rápidamente a soluciones convenientes, con cuyo objeto se ha diseñado un monograma basado en la fórmula de Manning, el cual simplifica el proceso de cálculo, y para simplificar su uso se plasmaron los resultados en una tabla con los resultados para cada uno de los valores que se desea buscar.

2.3.4. Comportamiento hidráulico de la sección parcialmente llena

Toda tubería circular puede trabajar a sección llena y a sección parcialmente llena, esto último es más común, ya que el gasto nunca es constante e incide directamente con una variación de la altura del flujo que, a su vez, hace variar el área transversal del líquido y la velocidad de éste.

$$A = \frac{d^2}{4} * \left\{ \frac{\pi\theta}{360} * \text{sen} \frac{\theta}{2} \right\}$$

$$p = \frac{\pi * d * \theta}{360}$$

$$A = Rh * p$$

$$Rh = \frac{d}{4} \left[1 - \frac{360 \text{sen } \theta}{2\pi\theta} \right]$$

De acuerdo a las fórmulas anteriores, se puede observar que en tuberías que trabajan a sección parcialmente llena, los cálculos del radio hidráulico y del área del flujo son laboriosos y, por lo tanto, también los de la velocidad y el gasto. Para facilitar este cálculo se utilizará el gráfico de relaciones hidráulicas, el cual involucra relaciones de gasto parcial “q”, entre gasto total “Q” en la alcantarilla, las curvas de la gráfica dan relaciones de velocidad, área y altura del flujo según el diámetro de alcantarilla.

Primero hay que determinar la velocidad y el gasto del tubo lleno, por medio de las fórmulas ya conocidas; también se puede usar el monograma y las tablas que han sido elaborados con la fórmula de Manning. Una vez obtenidos estos datos, se procede a buscar la relación entre los gastos q/Q, que es el caudal de diseño entre el caudal a sección llena; se busca el valor en la tabla de elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección circular y se obtienen los valores de d/D que forman la profundidad del flujo o tirante; se lee la relación v/V; la velocidad de la tubería parcialmente llena se obtiene al multiplicar esta relación por la velocidad de sección llena.

En la tabla de valores de elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular, se puede notar que la velocidad máxima ocurre cuando la profundidad del flujo o tirante es aproximadamente 0.8 D, por lo que

generalmente los tubos en alcantarillados son diseñados para que el flujo máximo alcance una altura de 0.75 a 0.8 D. Esto conduce a normalizar que:

$$0.10 \leq \frac{d}{D} \leq 0.80$$

2.3.5. Parámetro de velocidades permisibles

Las alcantarillas deben ser diseñadas de modo que la velocidad mínima del flujo sea 0.40 m/s. Cuando no se cumpla con la velocidad mínima, se proporcionará una pendiente adecuada para que la velocidad mínima cumpla con la normada.

La velocidad mínima se fija con el efecto de que no ocurra la decantación de los sólidos, pero también las velocidades altas producen efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión (arena, piedras, etc.) pueden provocar daños a la tubería por efectos abrasivos y de impacto, por lo que se recomienda una velocidad máxima de 3.00 m/s.

Entonces, los parámetros de la velocidad en m/s, quedan como:

$$0.40 \leq V \leq 3.00$$

2.3.6. Caudal de diseño para aguas residuales

Los caudales que integran el caudal de diseño son: el domiciliario, comercial, industrial y el producido por las infiltraciones ilícitas:

$$Q_{dis} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{nf} + Q_{cnxi}$$

En donde:

Qdis : Caudal de diseño

Qdom: Caudal domiciliar

Qcom: Caudal comercial

Qind: Caudal industrial

Qnf: Caudal por infiltración

Qcnxi: Caudal por conexiones ilícitas

El caudal “q” de diseño debe ser menor al caudal a sección llena, “Q”.

Esto confirma que el tirante de agua debe ser menor o igual al 75% del tirante cuando la tubería trabaje a sección llena.

2.3.6.1. Caudal domiciliar

Son las aguas provenientes de las actividades de aseo, cocina, lavado de ropa, baño, lavado de platos, descarga de inodoros, etc., que retornan al sistema de alcantarillado. Existe una relación directa entre el agua de desecho doméstico con la dotación del suministro de agua potable, y es que no toda el agua es devuelta al drenaje, ya que se consume en alimentos, riego de jardines y otros usos. Para tal efecto, la dotación de agua potable es afectada por un factor de retorno (FR) que varía entre 0.7 a 0.8, de esta manera, el caudal doméstico queda integrado como sigue:

$$Q_{dom} = \frac{Dotación * No.habitantes * FR}{86400}$$

En donde:

FR: Factor de retorno

Q_{dom}: en litros/segundo

Dotación en litro/habitante/día

2.3.6.2. Caudal comercial

Son las aguas residuales o de desecho provenientes del sector comercial de la población o de edificaciones comerciales, como comedores, restaurantes, hoteles, etc. La dotación comercial dependerá del establecimiento que se va a considerar, este valor oscila entre 600 a 3,000 litro/comercio/día.

2.3.6.3. Caudal industrial

Es el agua de desecho de las industrias, se exceptúan las industrias químicas o farmacéuticas, por no ser permitido que viertan toda clase de químicos en el alcantarillado. Tanto para el caudal comercial y el industrial, si no se cuenta con el dato de la dotación de agua suministrada, se puede asumir según sea el tipo de industria entre 1,000 y 18,000 litro/industria/día.

2.3.6.4. Caudal de infiltración

Para la estimación del caudal de infiltración que entra a la alcantarilla, se toma en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad de las tuberías, la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas usadas en la tubería y la calidad de la mano de obra y supervisión con que cuenta durante la construcción.

La manera en que se mide es por litros diarios por kilómetro de tubería, se incluye la longitud de la tubería de los entronques domiciliarios, para lo cual puede asumirse como 6.00 metros de longitud en cada vivienda. Este factor puede variar entre 12,000 y 18,000 litro/kilómetro/día.

$$Q_{nf} = \frac{\text{Factor de Infiltración} * [\text{longitud de drenaje} + (\text{No.casas} * 6)]}{1000} \text{ conexiones}$$

2.3.6.5. Caudal por 1000 conexiones ilícitas

Este caudal es producido por las viviendas que conectan las tuberías de agua pluvial al alcantarillado sanitario. Para efectos de diseño, se puede estimar que un porcentaje de las viviendas de una localidad puedan conectarse de esta manera, lo que puede variar entre 0.5 a 2.5%.

El cómputo del caudal de conexiones ilícitas va directamente relacionado con el caudal producido por las lluvias, para el cual se utilizará la fórmula dada por el Método Racional.

$$Q_{cnxi} = \frac{C * i * A}{360}$$

En donde:

Q_{cnxi} : Caudal por conexiones ilícitas, en m^3/s

C : Coeficiente de escorrentía, en porcentaje

i : Intensidad de lluvia, en mm/hr

A : Área que es factible conectar ilícitamente, en hectáreas

2.3.7. Factor de caudal medio

Una vez integrado el caudal de diseño, se procede a obtener el caudal medio, "Q medio", del área que se va a drenar que al ser distribuido dentro del número de habitantes, da un factor de caudal medio, el cual varía de 0.002 a 0.005; si el cálculo del factor no está dentro de este parámetro, se utiliza el límite más cercano, según sea el caso.

$$FQ_{medio} = \frac{Q_{medio}}{No.habitantes}$$

Donde:

$$0.002 \leq FQ_{medio} \leq 0.005$$

2.3.8. Caudal máximo

Para calcular el caudal máximo que fluye por las tuberías, en un momento dado, hay que afectar el caudal medio por un factor conocido como factor de flujo, el cual debe variar entre 1.5 a 4.5, de acuerdo con el tamaño de la población. Para el cálculo de este factor se usa la fórmula de Harmond

$$FH = \frac{Q_{\text{máximo}}}{Q_{\text{medio}}} = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

En donde:

FH = Factor de Harmond

P = Población en miles

Con lo anterior, se puede obtener el factor de caudal máximo, así:

$$FQ_{\text{máximo}} = FQ_{\text{medio}} * FH$$

El cual, al ser multiplicado por el número de habitantes da el caudal máximo o caudal de diseño:

$$Q_{\text{máximo}} = Q_{\text{diseño}}$$

$$Q_{\text{diseño}} = \text{No.habi tan tes} * FQ_{\text{máximo}} = \text{No.habi tan tes} * FQ_{\text{medio}} * FH$$

2.3.9. Cotas invert

Es la distancia vertical que existe entre la cota en la rasante del terreno y la cota inferior de la tubería, se debe verificar siempre que se asegure el recubrimiento mínimo necesario en la tubería. Para calcular la *cota invert* se toma como base la pendiente del terreno y la distancia entre pozos. Es importante tomar en cuenta las siguientes reglas:

a) La *cota invert* de salida de un pozo se coloca, por lo menos 3 cm más baja que la *cota invert* de la tubería más baja que llegue al pozo.

b) Cuando el diámetro de la tubería que entra a un pozo es menor que la saliente, la cota de salida estará más baja que la tubería de entrada, según la diferencia de diámetros.

2.3.10. Pendiente hidráulica

Es la pendiente que debe tener la tubería para que el flujo se conduzca por gravedad, se puede obtener con la relación entre la longitud del tramo de la tubería y el promedio de las cotas o alturas,

$$s = \frac{ci_1 - ci_2}{d} * 100$$

De donde:

s = pendiente hidráulica, en porcentaje

ci_1 = cota invert inicial o aguas arriba, en m

ci_2 = cota invert final o aguas abajo, en m

d = longitud de la sección de la tubería, en m

Si se asume una pendiente inicial, de tal manera que la velocidad se mantenga en los parámetros establecidos, se despeja la fórmula anterior para obtener la cota invert final, se tiene:

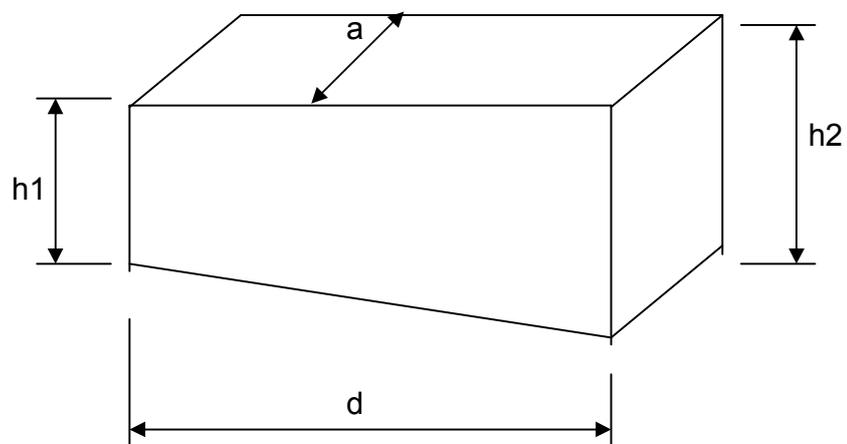
$$ci_2 = \frac{ci_1 - s * d}{100}$$

2.3.11. Volumen de excavación

Para calcular el volumen de excavación en donde se instalará la tubería del drenaje, simplemente se cubica la fracción de suelo como se muestra en la figura 3:

$$Vol.Exc = \frac{h_1 + h_2}{2} * d * a$$

Figura 3. Volumen de excavación para una zanja.



De la figura anterior, se define “h1” y “h2” como las profundidades de los extremos del tramo entre dos pozos cualesquiera, “d” la distancia horizontal entre ellos y “a” el ancho que se le dará a la zanja en ese tramo.

2.3.12. Volumen de relleno

El volumen de relleno se define como la diferencia entre el volumen de excavación, menos el volumen del tubo que se va a instalar

volumen de relleno = volumen de excavación - volumen de tubería

2.3.13. Volumen de retiro

Una vez excavado y, posteriormente, rellenado el suelo que se repuso, quedará un excedente de volumen de suelo, éste tendrá que retirarse del lugar y depositarlo en un lugar preestablecido por el diseñador. Cabe mencionar que existen casos en que se importa material de relleno y/o reposición de pavimento, lo cual tendrá que tomarse en cuenta a la hora del presupuesto.

$$Vol_Retiro = (Vol_Excavacion * FExp) - (Vol_Relleno * FComp)$$

El factor de expansión (Fexp) será entre 1.3 a 1.5. y se define como la relación que existe cuando las partículas que componen el suelo se separan por motivo de la excavación. El factor de compactación (Fcomp), se define como la relación que existe cuando las partículas del suelo se unen por motivo de la compactación, este factor será entre 1.10 a 1.35.

2.3.14. Manual de mantenimiento para el drenaje sanitario

2.3.14.1. Pozos de visita

Hacer revisiones trimestrales en el fondo de los pozos, por medio de las tapaderas de los brocales y retirar los cuerpos extraños que se alojen en estos fondos o en los ingresos de las tuberías, tomando en cuenta que son aguas contaminadas, por lo cual se debe proveer al personal (3 personas como mínimo) de guantes de hule, mascarillas, cubeta, carretilla de mano, botas de hule, abundante jabón y agua clorada para desinfectarse todo el cuerpo y manos después de haber tenido contacto con esta agua residuales.

2.3.14.2. Colectores de 6" y 8"

Es muy difícil que una tubería se azolve debido a las características del diseño. Pero si esto ocurriera deberá introducirse maquinaria especial para destapar las obstrucciones en las tuberías. En ninguno de los casos se aconseja utilizar agentes químicos, ya que la tubería de PVC, al contacto con químicos corrosivos produce gases tóxicos que podrían convertirse en mortales. En todo caso debe efectuarlo un plomero que tenga conocimientos en drenajes sanitarios.

2.3.14.3. Conexiones domiciliarias

Inicialmente debe hacerse conciencia en la comunidad y explicarles que la tubería y accesorios del drenaje no se debe utilizar como basureros, y que deben revisar por lo menos una vez por mes, sus candelas domiciliarias y extraer de estas, todos los cuerpos extraños, como podrían ser: pelotas y bolsas plásticas, cubiertos, palos de madera, cartón, recipientes de cualquier tipo, juguetes, etc.

En todos los casos anteriores debe tenerse en cuenta que es contacto con el agua contaminada, por lo tanto, debe tratarse con las medidas higiénicas necesarias. En este caso particular, se recomienda programar semanas especiales de limpieza de colectores y ponerse de acuerdo con el Puesto de Salud para organizar brigadas antitetánicas, con el objeto de reducir el índice de enfermedades derivadas del contacto con aguas contaminadas.

Los cuerpos extraídos, deben enterrarse en lugares tales que sea inaccesible el contacto con los seres humanos y distante de los animales domésticos, alejado de hortalizas y de cualquier producto comestible.

2.3.14.4. Recomendación

En todos los casos debe tomarse en cuenta que son aguas contaminadas y por lo tanto, debe desinfectarse las manos y cuerpo con suficiente agua y jabón al tener contacto con las mismas, y más cuando después de tocarlas debe ingerir algún tipo de alimento.

2.4. Diseño de alcantarillado sanitario de la aldea Los Pocitos

2.4.1. Alternativa adoptada

Debido a las condiciones topográficas del terreno, se optó por drenar el caudal recolectado de aguas residuales hacia el punto más bajo de la comunidad. El punto predestinado para la descarga fue estudiado y cumple con las condiciones mínimas para el desfogue del agua residual ya tratada. Se puede ver, entonces, que el sistema de drenaje adoptado consiste en un ramal principal y varios ramales secundarios, que contribuyen a la recolección del agua servida. La población en estudio se ubica de manera semi-concentrada a lo largo del ramal principal y de los sub-ramales.

2.4.2. Descripción del proyecto

El proyecto consta de un ramal principal y 11 ramales secundarios de drenaje sanitario con pendientes divergentes a partir de un punto, por lo cual, todo el sistema funcionará, tomando en cuenta la gravedad, depositando las aguas servidas a una planta de tratamiento biológica, aeróbica de aireación extendida (Lodos activados). Posteriormente las aguas tratadas se depositarán a un zanjón que se encuentra a inmediaciones de la planta, aproximadamente a 20 metros.

La longitud total del proyecto es de 3,025 metros lineales.

La tubería usada es tubería de PVC que cumpla con la norma ASTM 3034, tubería de 20 pies, 6 metros de longitud.

En su totalidad, se tiene previsto instalar 2,904 metros de tubería de Ø6" y 120 metros de tubería de Ø8", se cubre así, la longitud total del proyecto.

Se construirán 58 pozos de visita con profundidades propias para cada pozo.

Se instalarán 222 conexiones domiciliarias para darle cobertura al 100% de viviendas.

2.4.3. Tiempo de ejecución

Se tiene prevista la duración de la ejecución del proyecto, de 6 meses a partir de su inicio. Se ha de tomar en cuenta que se debe contar en el lugar con los materiales y con todo el personal necesario para la ejecución del proyecto.

2.4.4. Costo directo del proyecto

El proyecto tendrá un costo directo de **Q 1,336,566.62** para el año 2,003.

2.4.5. Beneficiarios del proyecto

Se pretende beneficiar de manera directa a 1,332 habitantes actualmente y a 2,443 habitantes para el año 2024.

2.4.6. Metas y resultados

Se tiene como metas a corto y largo plazo, el beneficiar directamente a la población en estudio con la construcción del sistema de drenajes que mejore la calidad de vida de los habitantes. Se pretende obtener resultados positivos en cuanto a la reducción del índice de enfermedades infecciosas ocasionadas por las exposiciones de las aguas negras.

Se espera el buen funcionamiento del sistema de evacuación de las aguas servidas en el sector y, con ello, el mejoramiento del medio ambiente, del entorno visual y de la salubridad de la Aldea.

2.4.7. Parámetros de diseño

Para el diseño del drenaje sanitario se consideraron los parámetros siguientes:

Tabla II. Parámetros de diseño alcantarillado sanitario aldea Los Pocitos.

Período de diseño	21 años
Tasa de crecimiento	2.93%
Población actual	1,332 habitantes
Población futura	2,443 habitantes
Densidad poblacional	6 habitante/vivienda
Viviendas actuales	222 casas
Número de comercios	4 comercios
Dotación de agua potable	130 litro/habitante/día
Factor de retorno	0.8
Área promedio de viviendas	4.44 hectáreas
Área de techos	1.33 hectáreas
Área de patios	3.11 hectáreas
Longitud de tubería domiciliar	6 m. por casa
Longitud del alcantarillado	3,025 m.
Porcentaje de conexiones ilícitas	2.5% del área

2.4.8. Diseño hidráulico

En la hoja de cálculo del diseño hidráulico, se presenta toda la información resultado de los cálculos efectuados para llegar al diseño final del sistema de alcantarillado, que sirve de base para la elaboración de los planos. En el anexo se puede consultar la tabla VI de diseño hidráulico.

A continuación se da el diseño hidráulico de un tramo

Tramo de PV-1 a PV-2

Datos:

Longitud 50 metros

Cota inicial 119.98

Cota final = 120.48

Población actual = 42 habitantes

Tasa de crecimiento = 2.93 %

Factor de retorno = 0.80

Período de diseño = 21 años

Dotación domiciliar de agua potable = 130 litros/hab./día

Cálculo de la población futura:

$$Pf = Pa * \left(1 + \frac{2.93}{100}\right)^{21} = 77 \text{ hab.}$$

Cálculo del caudal domiciliar:

$$Q_{dom} = \frac{130 \text{ litros / habi / día} * 77 \text{ hab}}{86400} * 0.80 = 0.093 \text{ litros / seg}$$

Factor de caudal medio:

$$FQm = \frac{Qm}{No.hab} = \frac{0.093 \text{ litros / seg}}{77 \text{ hab}} = 0.001$$

Este valor tiene que estar entre 0.002 y 0.005, para este caso tomamos 0.003.

Factor de Harmond:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{77}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{77}{1000}}} = 4.33$$

Cálculo del caudal de diseño:

$$Q_{dis} = No.hab.futuros * FQm * FH$$

$$Q_{dis} = 77 \text{ hab} * 0.003 * 4.33 = 0.99 \text{ litros / seg}$$

Velocidad a sección llena utilizando la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} * 0.03429 * D^{2/3} * S^{1/2}$$

donde:

n = 0.010

D = diámetro del tubo

S = pendiente hidráulica

Cálculo de pendiente hidráulica:

$$S = \frac{Ci - Cf}{d} * 100$$

$$S = \frac{119.98 - 120.48}{50} * 100 = -1\%$$

entonces:

$$V = \frac{1}{0.010} * 0.03429 * 6^{2/3} * 0.01^{1/2} = 1.27 \frac{m}{s}$$

Caudal a sección llena:

$$Q = V * A$$

$$Q = 1.27 \frac{m}{s} * \pi \left(\frac{6 * 2.54}{4} \right)^2 = 0.2309 \frac{m^3}{s} * 1000 = 23.09 \frac{lt}{s}$$

$$\text{Relación } \frac{q}{Q} = \frac{0.99}{23.09} = .0428$$

$$\text{De tabla } \frac{v}{V} = 0.501$$

$$\text{Entonces } v = 1.27 \frac{m}{s} * 0.501 = 0.63 \frac{m}{s}$$

Cotas invert:

En tramo inicial $h = 1.40$ m

$$C_{inv} \text{ inicial} = 119.98 - 1.40 = 118.58$$

$$Cinv\ final = Cinv\ inicial \left(\frac{S * D}{100} \right)$$

donde:

Cinv final = *cota invert* final

Cinv inicial = *cota invert* inicial

S = pendiente del tubo

D = distancia del tramo

Entonces:

$$Cinv\ final = 118.58 * \left(\frac{1 * 50}{100} \right) = 118.08$$

Altura de pozos de visita:

$$PV - 1 = 1.40\ m$$

$$PV - 2 = 120.48 - 118.05 = 2.43\ m$$

2.4.9. Presupuesto

En el anexo se muestra el presupuesto del proyecto, el cual se integró de la siguiente manera: costo directo, que comprende los renglones de materiales, mano de obra, herramienta y transporte, costos indirectos, que comprende los gastos de administración, la dirección técnica de campo, los imprevistos y la utilidad.

Los costos indirectos, si la municipalidad lo construye por administración, podrían omitirse.

2.4.9.1. Resumen de materiales

A continuación se detallan los materiales que se utilizarán en el proyecto:

Tabla III. Resumen de materiales .

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
ADOQUIN	250	U
ALAMBRE DE AMARRE	112	LIBRA
ARENA AMARILLA	13	M ³
ARENA DE RIO	88	M ³
CEMENTO GRIS TIPO PÓRTLAND	1042	SACO
CEMENTO SOLVENTE	1	GALON
CLAVO DE 3" PARA MADERA	7	LIBRA
EMULSIÓN ASFÁLTICA	300	GALON
HIERRO GRADO 40 DE 1/2"	408	VARILLA
HIERRO GRADO 40 DE ¼"	531	VARILLA
HIERRO GRADO 40 DE 3/4"	460	VARILLA
MADERA PARA FORMALETA	276	PT
MATERIAL SELECTO	33	M ³
PIEDRÍN	17	M ³
TUBERÍA PVC Ø 6" NORMA ASTM 3034	485	TUBO
TUBERÍA PVC Ø 8" NORMA ASTM 3034	20	TUBO
YEE PVC DE 45° X 6"	222	U

2.5. Especificaciones técnicas de construcción

2.5.1 Ejecución del trabajo

2.5.1.1. Información general

Esta sección incluye la limpieza del terreno, zanjeo, colocación de la tubería de drenaje, soportes y anclajes, prueba, relleno de la zanja y limpia de exceso de materiales de acuerdo a lo indicado en los planos del proyecto y las Especificaciones generales para cada operación.

Antes de iniciar el trabajo se deberán localizar las instalaciones y tuberías existentes para evitar dañarlas, marcándolas cuidadosamente. Es completa responsabilidad del contratista el daño que ocasione así como el arreglo del material de acabado de calles que sea necesario remover.

Se colocarán indicaciones de peligro y las protecciones necesarias en los puntos dentro de poblaciones que sean de tránsito de vehículos o peatones.

Al terminar el trabajo debe retirarse todo material sobrante y efectuarse todas las reparaciones de daños ocasionados.

El trabajo deberá ser de primera calidad y ejecutado por obreros calificados.

Las tuberías se colocarán en el lugar y niveles indicados en los planos.

Deberá utilizarse las herramientas adecuadas y métodos de trabajo recomendados por los fabricantes.

Todo daño, desperfecto o rotura que se ocasione con motivo del trabajo a otras instalaciones existentes de teléfonos, desagües, electricidad, etc. serán reparados a la brevedad posible por cuenta del contratista y sin recibir por ello compensación adicional.

Cualquier pavimento que fuera necesario romper para instalar la tubería, deberá reponerse y dejarse en condiciones iguales o superiores a las que tenía antes de la instalación.

2.5.1.2. Limpia, chapeo y desmonte

La línea para instalación de la tubería deberá en todo caso ser inicialmente limpiada de troncos, árboles, vegetación viva o muerta, en un ancho mínimo de 2.00 metros; 1.00 metros a cada lado del eje de instalación de la tubería.

El supervisor designado podrá ordenar la preservación de árboles u otro tipo de vegetación dentro del área de limpieza.

Todo el material resultante de la limpieza, chapeo y desmonte, deberá ser conveniente dispuesto donde no se ocasione daño a las propiedades vecinas o incinerado.

2.5.1.3. Zanjeo

Las tuberías de drenaje se emplazarán siguiendo los ejes que se indiquen en los planos. Se deberá cortar la zanja hasta la profundidad de instalación indicada en los planos. El fondo de la zanja deberá ser recortado cuidadosamente para permitir un apoyo uniforme de la tubería.

La tubería será colocada con una fundación de materiales estables, cuidadosamente conformados para que pueda asentarse la parte inferior de la misma, cuando menos en un 10% de su alto total, y en toda su longitud.

En cada lugar donde el coronamiento de la tubería quede sobre el terreno original, el contratista hará un terraplén de acuerdo con lo indicado por el supervisor, hasta una elevación mínima de 0.30 metros arriba de la cota de diseño del coronamiento de la tubería. El terraplén deberá ser compactado al 95%.

Cuando la tubería se coloca en zanja, ésta deberá ser de suficiente ancho cuando esté terminada y conformada para recibir la tubería, para dar libre espacio de trabajo para la colocación y arreglo de juntas satisfactoriamente y para permitir compactación eficiente del relleno y material de fundación abajo y a los lados del tubo. Los anchos en la excavación serán los indicados en la tabla V para el ancho de zanjeo.

La carga máxima de tierra que soporta la tubería de PVC. Depende del prisma de tierra directamente encima de ella. Si la carga de diseño sobre la tubería se calcula en base a este criterio, el ancho de la zanja se ve influido por una excavación práctica y económica.

2.5.1.3.1. Profundidad y ancho de zanja

La carga máxima de tierra que soporta la tubería P.V.C. depende del prisma de tierra directamente encima de ella. Si la carga de diseño sobre la tubería se calcula en base a este criterio, el ancho de la zanja se ve influido por una excavación práctica y económica.

La profundidad de la tubería estará definida por el diseño hidráulico del sistema, toma como una profundidad mínima 1.20 metros desde de la cota del terreno hasta la cota invert de la tubería. También hay que considerar en el momento de determinar la profundidad, la protección contra las cargas de tráfico, para evitar rupturas.

La tubería tendrá un recubrimiento mínimo sobre corona de 0.90 mts para el colector principal y de 0.80 mts para conexiones domiciliarias.

En la siguiente tabla aparecen profundidades mínimas referidas a la cota inferior de la tubería.

Tabla IV. Profundidades mínimas para la tubería, según tránsito vehicular.

Diámetro de tubería (pulgadas)	Profundidad para tránsito normal (m)	Profundidad para tránsito pesado (m)
6	1.22	1.42
8	1.28	1.48

Fuente: NORMA ASTM 3034 tuberías PVC para alcantarillado sanitario,

AMANCO-TUBOVINIL, Pag. 7.

El ancho de zanja mínimo está determinado por el espacio mínimo que necesita un operario para instalar la tubería, éste es de 45 cm para tubería de Ø4" y Ø6" y no más de 15 a 23 cm de espacio libre a cada lado de la tubería de Ø8" o mayor. Para obtener un ancho constante se excavará con retroexcavadora con un cucharón pequeño especial para la excavación de zanjas.

En la siguiente tabla se muestra el ancho libre de zanjas, según su profundidad y el diámetro de la tubería que se va a instalar:

Tabla V. Ancho libre de zanja, según profundidad y diámetro de tubería.

Diámetro nominal (plg)	Hasta 1.30 m	De 2.36 A 1.85 m	De 1.86 A 2.35 m	De 2.36 A 2.85 m	De 2.86 A 3.35 m	De 3.36 A 3.85 m
6	0.60	0.60	0.65	0.65	0.70	0.70
8	0.60	0.60	0.65	0.65	0.70	0.70

Diámetro nominal (plg)	De 3.86 A 4.35 m	De 4.36 A 4.85 m	De 4.86 A 5.35 m	De 5.36 A 5.85 m	De 5.86 A 6.35 m
6	0.75	0.75	0.75	0.80	0.80
8	0.75	0.75	0.75	0.80	0.80

Fuente: NORMA ASTM 3034 tuberías PVC para alcantarillado

Cuando se encuentre roca, ya sea en estratos o en forma suelta, deberá ser removida abajo de la línea de pendiente, y repuesta con material adecuado, de manera que se provea un colchón de tierra compacto que tenga un espesor debajo de la tubería no menor de 2.5 cm. o una pulgada por cada metro de alto de relleno a partir de la parte superior de la tubería, con un espesor mínimo permisible de 20 cm.

Si en opinión del supervisor, los materiales que se encuentran en el lecho de la fundación al nivel requerido, no son satisfactorios y puedan causar asentamientos desiguales a lo largo de la tubería, dichos materiales deberán ser removidos en un ancho y a una profundidad ordenada por el supervisor y ser repuestos con material satisfactorio (granza u otro material apropiado), debidamente compactado, salvo que se indiquen otros métodos en los planos.

2.5.1.4. Colocación de tubería

Deberá terminarse la excavación de una longitud no mayor de 60 metros, la cual será debidamente supervisada para que la rasante del fondo, tanto del colector como de las conexiones domiciliarias, estén de acuerdo con las cotas del plano, que su alineamiento esté correcto y que se cumpla con el ancho establecido, así como de las otras recomendaciones citadas.

Se efectuará una minuciosa inspección de la tubería que en una forma ordenada, ha sido puesta en la orilla de la zanja, con el fin de no bajar aquellas unidades que durante el transporte se hubiesen rajado o lastimado considerablemente, así como revisar que sus estructuras (campana-espiga y macho-hembra) estén libres de materias extrañas: mezcla seca, lodo, etc., que impidan hacer una buena junta.

La tubería se bajará por medio de cadenas o cuerdas, tratando de poner el tubo en tal forma que el flujo recorra al tubo de campana a espiga o de hembra a macho, comenzando la colocación a partir de la descarga.

Se recomienda que no menos de $1/4$ de circunferencia del tubo esté apoyada en el lecho firme de la zanja; el fondo de la zanja debe terminarse a mano, para darle la concavidad deseada, de manera que $1/3$ del tubo esté en tierra firme o en el lecho de arena, según el caso.

Cuando se usen tubos de campana, deberán abrirse zanjas transversales en la base de la zanja para que la campana quede libre y permita un asentamiento firme del cuerpo del tubo en la base preparada.

En instalación de tuberías múltiples, estas deberán hacerse con la línea central de cada tubería individual paralela a las demás. Cuando no se indique otra cosa en los planos, la distancia libre entre dos líneas de tubería será igual a la mitad del diámetro de la mayor de ellas.

Ninguna tubería de aguas negras deberá pasar sobre otra de agua potable. La distancia mínima entre tuberías de agua negra y agua potable será 0.20 metros cuando se cruzan y 0.40 metros cuando son paralelas y en todo caso la de agua potable sobre la de aguas negras.

2.5.1.5. Juntas

Para instalar la tubería deben utilizarse implementos, herramientas y equipo adecuado para evitarle daños. Por ninguna circunstancia debe lanzarse la tubería y los accesorios a la zanja.

Las campanas deben colocarse en dirección aguas arriba; la instalación debe principiarse de la parte baja, hacia la parte alta.

Cuando se interrumpa la instalación de la tubería, deben colocarse tapones en las aberturas para evitar la entrada de agua, tierra o cualquier material ajeno a la tubería.

2.5.1.6. Relleno

Para rellenar las zanjas con la tubería ya colocada se aconseja compactar los primeros 30 cm en forma manual, con especial atención a los costados de la tubería; se pueden utilizar compactadoras mecánicas en la parte superior de la zanja.

La primera capa deberá ser de material fino, arena o material selecto, el resto del relleno se hará con el mismo material que se excavó, salvo que el material original sea aceptable, de lo contrario, todo el material de relleno será de material selecto.

La tubería de norma ASTM D 3034 emplea el sistema Ribber, en el cual el empaque está incorporado a la campana de la tubería. Se recomienda no remover, por ningún motivo, el empaque ya que éste le da la hermeticidad.

En caso de que sea necesario instalar una sección corta de tubería, ésta puede ser cortada con una sierra, luego se debe hacer el bisel a 15° con una profundidad igual a la mitad del espesor de pared del tubo. Puede biselarse el tubo con una lima adecuada.

La compactación debe ser de 95% de su densidad máxima y como lo determina el método T 99-49, de la A.A.S.H.O. o su equivalente. No se permitirá que opere equipo pesado sobre una tubería, mientras el relleno no haya sido correctamente hecho y hasta que dicha tubería esté cubierta por lo menos con 50 cm. de material. Se permitirá la operación de equipo pesado sobre una tubería, hasta que el supervisor lo autorice, después de asegurarse que los rellenos están hechos correctamente y la capa de cubierta sobre la tubería sea por lo menos 50 cm. de espesor.

Ningún pavimento o material de superficie se pondrá sobre cualquier tubería hasta que el relleno haya sido perfectamente compactado y asentado.

El transporte del material excedente debe efectuarse en tal forma que al terminar el relleno de una cuadra, se proceda de inmediato a sacar el material y efectuar la limpieza final.

2.5.1.7. Rotura y reposición de pavimentos

Las diferentes superficies de pavimento dañadas o destruidas durante el curso del trabajo serán reparadas y mantenidas como se muestre, especifique y dirija. Incluido bajo esta clasificación están los pavimentos y superficies de todo tipo: bases de pavimentos, aceras, entradas a las casas, cordones y cunetas. La calidad del trabajo utilizado en la restauración deberá producir un pavimento igual o mejor que el existente antes del inicio del trabajo, a menos que se indique lo contrario en planos o descripciones del proyecto.

En los cruces de calles pavimentadas con concreto, se procurará hacer la instalación en túnel o haciendo cortes parciales del pavimento, unidos por tramos en túnel. En los casos no contemplados sobre rotura de pavimento se seguirán las instrucciones del supervisor.

2.5.1.8. Obras accesorias

Las obras accesorias comprenden todas aquellas estructuras que complementan una red de alcantarillado, tales como: pozos de visita, pozos de luz, conexiones domiciliarias, tragantes, sifones invertidos.

2.5.1.8.1. Pozos de visita

Los pozos de visita son esenciales para la operación y mantenimiento de un sistema de alcantarillado sanitario por gravedad. Un pozo de visita debe:

- Proporcionar un control de flujo hidráulico en cambios de dirección, cambio de gradiente y consolidación de flujos convergentes.
- Proporcionar acceso a la tubería para mantenimiento e inspección.
- Proporcionar un ingreso de oxígeno al sistema.

Los pozos de visita se deben colocar en:

- a) En la intersección de calles
- b) Al comienzo de todo ramal inicial
- c) En donde se ubiquen cambios de diámetros de tubería
- d) En donde existan cambios de dirección de tubería
- e) En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 a 120 metros.

Los pozos se localizarán tal como se indica en los planos y en el replanteo en el campo, se localizará su eje de simetría en la intersección de las diagonales de las esquinas.

Sin embargo, si el trazo de las calles es irregular, dicha estructura podrá construirse en otro punto que permita la concurrencia de los otros colectores.

El tipo de pozo será el indicado en los planos de pozos de visita, adjuntos al proyecto. Los materiales usados serán de la calidad y características anotadas en estas especificaciones.

Todos los detalles de la estructura deberán ajustarse a los planos del proyecto. La cota de la tapadera de los pozos de visita, salvo disposiciones especiales deberán quedar al mismo nivel de la rasante de la calle.

Conexiones: se deberán efectuar todas las que lleguen a el pozo de visita y para aquellos tramos futuros, se dejará prevista la tubería de llegada en una longitud no mayor a medio ancho de la calle.

2.5.1.8.2. Conexiones domiciliarias

Estas deberán ser construidas de acuerdo con los planos del proyecto, las cuales generalmente constan de dos partes: Caja de registro y tubería de empotramiento.

a) Caja de registro

Las dimensiones mínimas para caja de registro deberán ser: 30 cm. (12 pulgadas) de diámetro por un metro de profundidad con tapadera y brocal, de concreto y refuerzo de la calidad requerida en estas especificaciones.

Debe tenerse el cuidado necesario en la colocación de la caja de registro, dándoles a estas la profundidad requerida para permitir hasta donde sea posible la conexión domiciliar interior por gravedad.

b) Tubería de empotramiento

Deberá tener un diámetro mínimo de 6 pulgadas y una pendiente no menor del 2%. Dependiendo de la profundidad de la zanja, esta tubería podrá colocarse así: Cuando la diferencia entre el fondo de la caja de registro y la cota del coronamiento del colector sea menor de 1.50 metros, usar dos pendientes unidas por medio de un codo, la primera, 2% mínimo hasta la zanja del colector y la segunda pendiente infinita, con recubrimiento mínimo de 0.10 metros de concreto pobre, o según lo indiquen los planos del proyecto.

Se deberá tener especial cuidado para que en la colocación de la tubería no queden rebabas en su interior que dificulten el flujo.

Especial cuidado deberá tenerse en la supervisión para que la tubería de acueductos y alcantarillados al cruzarse estén en correcta posición relativa.

No se permitirá a ningún usuario conectar sus aguas negras y servidas al sistema de alcantarillado sin previo permiso de la municipalidad local o del comité encargado, quien solicitará asesoría técnica para efectuar una inspección a los trabajos de conexión domiciliar antes de proceder al relleno respectivo.

2.5.1.9. Objeto de la inspección

El objeto de la inspección, que realiza el supervisor es asegurarse de que los planos y especificaciones del proyecto sean desarrollados fielmente, ya que las obras de alcantarillado enterradas a varios metros en el suelo e invisibles en

su mayor parte una vez terminadas, deben ser minuciosamente inspeccionadas durante su construcción. Prestando especial atención a que las tuberías tengan el alineamiento y pendiente establecido, que las juntas sean hechas en la forma requerida, mantener libre de agua el fondo de la zanja durante la instalación de la tubería, hasta que las juntas de mortero hayan fraguado y endurecido debidamente.

Todo el material, principalmente las tuberías, deben ser inspeccionados al momento de llegar a la obra y luego durante su instalación.

2.5.1.10. Pruebas de tuberías

Antes de su aceptación:

Condiciones que debe satisfacer la tubería: cada lote de tubos deberá ser aprobado por el supervisor mediante el examen de los tubos y la realización de pruebas físicas (tolerancia en variación de dimensiones, apariencia), prueba de resistencia al aplastamiento, pruebas de permeabilidad, prueba de presión hidrostática. Todas estas pruebas y cualquier otra que no se contemple debe apegarse a las normas A.S.T.M.

En tuberías instaladas:

Todas las líneas de alcantarillado que hayan sido terminadas serán iluminadas entre las cámaras de inspección (pozos de visita) o a intervalos cortos para comprobar su correcta alineación, depresiones en la línea, obstrucciones que hayan quedado dentro de la tubería y también para descubrir cualquier infiltración antes de comenzar el relleno.

La prueba anterior se hace nuevamente después de terminado el relleno y para la aceptación final de la obra.

2.5.1.11. Materiales

Las siguientes especificaciones se aplicarán los materiales de este tipo que se usen en la obra:

Concreto: material compuesto de cemento arena y pedrín en una proporción volumétrica 1:2:2 o con una proporción que garantice una resistencia $f'c$ igual a 210 kilogramos/ centímetro cuadrado (3,000 psi).

Alisado: material que se colocará en la impermeabilización interna de todas las cajas o depósitos principales que guarden agua. El mortero que se utilizará será de cemento y arena de río cernida en una proporción 2:1.

Repello: material que se colocará en la parte externa de todas las cajas o depósitos, el cual se realizará con un mortero de sabieta con una proporción 1:2 de cemento y arena de río cernida.

Refuerzo: el refuerzo de todas la obras de concreto armado se hará con el hierro de diámetro especificado en planos y con una resistencia no menor a 2100 kilogramos/centímetro cuadrado (30,000 psi) a menos que en los planos se indique una resistencia mayor.

2.5.1.12. Desfogue o disposición final

El cuerpo receptor, se localizará en la parte más baja de la comunidad para que el agua proveniente de todos los colectores, pueda ingresar sin ningún problema.

Es importante mencionar que la velocidad en la entrada al cuerpo receptor, debe ser de dimensión pequeña para que, de esta forma, facilite la sedimentación de los sólidos.

En el presente proyecto recomienda utilizar un sistema biológico, aeróbico de aireación extendida **lodos activados** que se utiliza para tratar aguas residuales que contienen materia orgánica biodegradable, denominada también planta paquete, con una capacidad de 50,000 G.P.D.

Se recomienda este tipo de planta debido a que para su construcción se necesita un área de 12 x 12 m. y se construye a una distancia mínima de 10 m. de la última vivienda.

Posteriormente al tratamiento total que lleven las aguas residuales, se desfogará finalmente a su destino, el cual será un zanjón que se encuentra a inmediaciones del área de la planta de tratamiento.

ANEXO

NORMAS GENERALES PARA DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO

ING. RODOLFO GONZALES MORASSO

GUATEMALA, C.A. DICIEMBRE DE 1,967

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1. INVESTIGACIONES PRELIMINARES

- 1.1 Aspectos generales*
- 1.2 Ubicación*
- 1.3 Condiciones sanitarias*
- 1.4 Sistema de abasto de agua*
- 1.5 Levantamiento topográficos*
 - 1.5.1 Levantamiento de poblaciones*
 - 1.5.2 Métodos para efectuar los levantamientos*
 - 1.5.3 Levantamientos fuera del perímetro urbano*
 - 1.5.4 Nivelación*
 - 1.5.5 Marcas de nivelación*
 - 1.5.6 Detalles*
 - 1.5.7 Libretas de campo*
 - 1.5.8 Errores admisibles*
- 1.6 Trabajos complementarios*
 - 1.6.1 Características del subsuelo*
 - 1.6.2 Sistema de alcantarillado existente*
 - Características de la cuenca receptora de la descarga*

2. DISEÑO

- 2.1 Tipo de sistema a usar*

- 2.2 *Periodo de diseño*
- 2.3 *Estimación de la población tributaria*
- 2.4 *Estimación de las areas tributarias*
- 2.5 *Puntos de descarga*
- 2.6 *Determinación del caudal de aguas servidas*
 - 2.6.2 *Caudal promedio diario*
 - 2.6.3 *Infiltración*
 - 2.6.4 *Caudal de diseño*
- 2.7 *Diseño de secciones y pendientes*
 - 2.7.1 *Cálculo hidráulico*
 - 2.7.2 *Diámetros mínimos*
 - 2.7.3 *Velocidad máxima y mínima*
 - 2.7.4 *Profundidad de las tuberías*
- 2.8 *Obras accesorias*
 - 2.8.1 *Pozos de visita*

3. PROYECTO

- 3.1 *Contenido*
 - 3.1.1 *Memoria e informe técnico*
 - 3.1.2 *Planos*
 - 3.1.3 *Lista de materiales*
 - 3.1.4 *Cómputo métrico y presupuesto*

INTRODUCCION

El propósito de las presentes normas, es el de establecer un criterio general aplicable al diseño de las redes de alcantarillados sanitarios, de tormenta y combinados que son elaborados para las comunidades del interior de la República de Guatemala, por el Departamento de Acueductos y Alcantarillados de la Dirección General de Obras Públicas.

Su contenido es la recopilación de la práctica que el Departamento ha venido aplicando y experimentando desde el año de 1956 en que fueron diseñados en el mismo, los primeros sistemas de alcantarillado.

En la aplicación de estas normas debe tenerse en cuenta que no son en modo alguno, un criterio a ser aplicado en forma general y absoluta sin ninguna discriminación. El Ingeniero proyectista que haga uso de ellas, debe analizar cada caso por separado y cuando encuentre que existen razones suficientes, podrá modificarles en su aplicación indicando en el proyecto respectivo los motivos de carácter técnico que tuvo para no aplicarlas.

1. INVESTIGACIONES PRELIMINARES

1.1. ASPECTOS GENERALES

Previo a la elaboración de todo proyecto de alcantarillado, se harán como mínimo las investigaciones preliminares que se describen en el presente capítulo. Cada uno de estos trabajos será efectuado por la Sección correspondiente del Departamento de Acueductos y Alcantarillados, la cual será responsable por la exactitud de los datos recolectados.

Sin embargo, el Ingeniero encargado de la elaboración del proyecto, supervisará la forma en que el trabajo se esté efectuando en cada una de sus etapas a fin de que toda la información sea recolectada a su completa satisfacción. De todas las visitas que se efectúen a la localidad, los Ingenieros que sean designados para ello, elaborarán un informe en el que resumen el propósito de la visita, sus observaciones y recomendaciones si fueran necesarias.

1.2. Ubicación

Se determinará la ubicación geográfica y política de la población, así como todas sus vías de comunicación con sus respectivas distancias a los centros de mayor importancia.

1.3 Condiciones sanitarias

Se investigarán las condiciones sanitarias generales de la localidad así:

- a) *Sistemas de Abastecimiento de agua.*

- b) *Disposición de excretas*
- c) *Sistema de recolección y disposición de basuras.*
- d) *Tipo y condiciones de la vivienda.*
- e) *Cualquier otro aspecto relacionado con las condiciones sanitarias de la población.*

1.4 Sistema de abasto de agua

Se determinará lo siguiente con relación al sistema mediante el cual la población se surta de agua:

- a) *Fuente o fuentes de abastecimiento.*
- b) *Sistemas de conducción.*
- c) *Planta de purificación ó tipo de tratamiento que reciba el agua.*
- d) *Calles en las que existan tuberías de la red de distribución.*
- e) *Número de servicios de agua instalados.*
- f) *Consumo diario por habitante.*
- g) *Sistema de administración del servicio.*
- h) *Estado económico general del sistema.*

1.5 Levantamientos topográficos

1.5.1 Levantamiento de poblaciones

En los levantamientos topográficos de la población, se debe tener en cuenta el área edificada y la de desarrollo futuro, incluyendo la localización exacta de todas las calles y zonas edificadas o no, edificios, alineación municipal, ubicación de éstos, carreteras, cementerios, todos los pavimentos anotando su clase y estado, parques públicos, campos de deporte y todas aquellas

estructuras naturales y artificiales que guarden relación con el problema a resolver e influyen en los diseños.

Tanto en los levantamientos topográficos de la población como en los correspondientes a las líneas de descarga, se tendrán en cuenta las quebradas, zanjas, cursos de agua, elevaciones, depresiones, etc. La repartición del área urbana por medio de las poligonales principales, debe establecerse en tal forma, que el área de población o ciudad quede dividida en sectores rectangulares de 300 a 500 metros por lado aproximadamente.

1.5.2 Métodos para efectuar los levantamientos

Los levantamientos se harán por el método de conservación de azimutes, por deflexiones, por rumbo y distancia, ú otro de los usados generalmente. En la población se determinarán polígonos que circunscriban parcial ó totalmente el área urbana presente y futura, enlazando los polígonos principales y secundarios.

En el levantamiento de ciudades cuyo número de habitantes estimado a 50 años sea superior a 100,000, se establecerán redes de triangulación, siguiendo las especificaciones que al respecto fije el Instituto Geográfico Nacional.

Quedan absolutamente prohibidos los levantamientos taquimétricos, a excepción de algunos detalles secundarios tales como terrenos contiguos al perímetro urbano, que pueden tomarse taquimétricamente, pero que deben nivelarse con nivel de precisión. Dentro del área urbana actual, debe instalarse como mínimo, una referencia de tránsito por cada 5 hectáreas, pero en ningún caso el número de referencias será menor de tres, visibles de dos en dos.

1.5.3 Levantamiento fuera del perímetro urbano

En los levantamientos situados fuera del actual perímetro urbano, se instalarán referencias de tránsito en mojones de concreto que tengan incrustadas una señal metálica de cobre o bronce. Estos mojones deben penetrar por lo menos 0.80 metros dentro del terreno, debiendo estar cuidadosamente referenciados a obras estables que se encuentren a su alrededor. Su número será de tres por cada kilómetro. Los sitios destinados a obras de tratamiento, descargas o cualquier obra accesoria al sistema de recolección, deberán quedar referenciados por medio de tres mojones como mínimo.

1.5.4 Nivelación

La nivelación debe ser de precisión y hecha sobre el eje de las calles.

Se tomarán elevaciones:

- a) *En todos los cruces de calles.*
- b) *A distancias no mayores de 20 metros.*
- c) *De todos los puntos en que haya cambio de pendiente del terreno.*
- d) *De todos los puntos en que haya cambio de dirección.*
- e) *De todos los lechos de quebradas, puntos salientes del terreno y depresiones.*
- f) *De las altura máximas o mínimas del agua en el caudal ó cuerpo de agua en el que se proyecte efectuar la descarga.*

1.5.5 Marcas de nivelación

Las marcas de nivelación (Banch Marks) deben colocarse con anterioridad a los trabajos de nivelación y en tal forma que se asegure completamente su conservación. Deben quedar referenciadas a las del Instituto Geográfico Nacional y a obras estables; y distribuidas en tal forma que su número sea de una por cada tres hectáreas como mínimo, tanto en la zona urbana actual, como en la de desarrollo futuro. Las marcas de nivelación serán señales perdurables, accesibles y cuya identificación no ofrezca lugar a dudas.

Pueden estar constituidas por señales metálicas empotradas en la mampostería de los edificios o incrustadas en las calles o en las aceras, colocándolas dentro de una pequeña caja de inspección a suficiente profundidad del piso, o dentro de mojoneros de concreto o formando parte integral de las referencias de tránsito.

1.5.6 Detalles

Los detalles topográficos se tomarán a modo de obtener curvas de nivel que indiquen exactamente la altimetría del terreno en las calles, zonas suburbanas y de desarrollo futuro, patios, solares, en donde existen cambios de pendiente, zanjas, etc.

Especial cuidado deberá tenerse en tomar niveles de aquellos terrenos o construcciones en los que la cota del piso sea inferior a la cota de la rasante de la calle del frente.

1.5.7 Libretas de campo

Los datos de todo el estudio topográfico deberán quedar claramente consignados en libretas de campo, las cuales estarán libres de borrones, manchas, etc. Es indispensable que se acompañen los cróquis ó esquemas correspondientes, los cuales deberán ser ejecutados en el campo y a medida que avanza el trabajo. En una misma sólo se anotarán datos referentes a localidades de un mismo municipio.

1.5.8 Errores admisibles

Los errores de cierre admisibles serán los siguientes:

a) *Error angular:* $Ea = \sqrt{n}$

Siendo: Ea = error angular permisible en minutos

n = Número de estaciones del polígono

b) *Error lineal:* $E1 \leq 0.003 \times L$

Siendo: E = error lineal de cierre del polígono en metros

L = Longitudinal total de los lados del polígono.

c) *Error de nivelación:* $En = 24\sqrt{L}$

Siendo: En = Error de cierre de la nivelación en milímetros

L = Longitud total nivelado en kilómetros.

1.6 Trabajos complementarios

1.6.1 Características del subsuelo

Las características del subsuelo serán determinadas por medio de excavaciones en las que se determinará a la vez el nivel estático del agua subterránea cuando sea necesario. De estas excavaciones se presentarán

secciones que describan la constitución del terreno hasta la profundidad necesaria para la cimentación de las tuberías y estructuras.

1.6.2 Sistema de alcantarillados existente

En poblaciones que cuentan con un sistema de alcantarillado se determinará: el tipo de sistema existente (sanitario, combinado, etc.); localización de las tuberías, pozos de visita, tragantes y demás estructuras; diámetros, longitudinales y cotas invert de las tuberías; puntos de descarga y condiciones de los mismos; estado general del sistema existente.

1.6.3 Características de la cuenca receptora de la descarga

Se recolectará la siguiente información con relación a las características de la cuenca receptora de la descarga del sistema que se proyecta construir:

- a) *Nombre de la corriente o cuerpo de agua que recibirá la descarga.*
- b) *Poblaciones situadas aguas abajo del punto de descarga y su distancia aproximada del mismo.*
- c) *Usos de la corriente, aguas abajo y aguas arriba del punto de descarga.*
- d) *Si la descarga ha de efectuarse en un lago o en el mar, deben obtenerse datos sobre la dirección de los vientos predominantes, niveles máximos y mínimos de la marea; así mismo, debe efectuarse un levantamiento batimétrico de una amplia zona alrededor del punto de descarga.*

2. DISEÑO

2.1 Tipo de sistema a usar

En general y excepto razones especiales, en poblaciones que no cuentan con ningún sistema anterior al que se está diseñando, se proyectarán sistemas de alcantarillado sanitario del cual están excluidos los caudales de agua de lluvia provenientes de calles, techos y otras superficies.

En aquellas poblaciones ó zonas de las mismas en las que exista un sistema combinado en donde las viviendas existentes tengan una salida única para las aguas servidas y las de lluvia, se diseñará un sistema combinado.

Cuando el uso del sistema combinado sea indispensable, se diseñarán si fuera posible, las obras accesorias que permitan desviar los excesos al curso de agua más cercano durante los periodos de lluvia.

2.2 Período de diseño

Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante un período de 20 a 30 años a partir de la fecha de su construcción.

2.3 Estimación de la población tributaria

En sistemas sanitarios y combinados, la población que tributará caudales al sistema al final del período de diseño, será estimada utilizando alguno de los siguientes métodos:

- a. *Incremento aritmético*
- b. *Incremento geométrico*
- c. *Incremento a porcentaje decreciente*
- d. *Proyección gráfica a ojo*

Para hacer la selección del método a utilizar, el Ingeniero Proyectista deberá hacer estimaciones utilizando por lo menos tres de los métodos citados en el numeral anterior, trazado los resultados en papel para gráficos é indicando cual de los métodos fue el adoptado.

Deben indicarse en la descripción del proyecto, suficientes razones que justifiquen la adopción del método seleccionado para estimar la población de diseño.

La fuente básica de información serán los censos de población realizados por la dirección general de estadística; sine embargo, el Ingeniero proyectista reforzará sus estimaciones relacionando el número de habitantes con actividades de las cuales existan información tales como, población escolar, censos de vivienda, estadísticas de insumo, encuestas sanitarias, etc.

2.4 Estimación de las áreas tributarias

Las áreas tributarias al sistema de alcantarillado serán estimadas de acuerdo con lo siguiente:

La localidad estudiada será considerada como formando un todo con las áreas adyacentes y que sean tributarias al sistema por razones topográficas, demográficas y urbanísticas.

Deben tenerse en cuenta para el diseño, al fijar la capacidad y profundidad de los colectores, las áreas de futura expansión que puedan llegar a ser tributarias al sistema.

Puntos de descarga

En la selección de los puntos de descarga se tomará en cuenta que con dichas obras no debe ocasionarse ningún problema de carácter sanitario a las localidades situadas aguas abajo, así como, que deben protegerse los usos presentes y futuros del cuerpo receptor. Dicha selección se hará basándose en la información recabada según el numeral 1.6.3.

En el proyecto debe indicarse lo siguiente con relación a la descarga:

- *Nombre y descripción de la corriente o cuerpo de agua que recibirá la descarga.*
- *Descripción de sus condiciones y usos actuales y que se puedan esperar para el futuro.*
- *Caudales y niveles mínimos y de crecida máxima.*
- *En caso de existir otras posibles alternativas para la descarga, hacer una justificación de la solución adoptada.*

2.6 Determinación del caudal de aguas servidas

En sistemas sanitarios y combinados el caudal de diseño será determinado de acuerdo con lo siguiente:

La población tributaria a cada tramo será calculada según el número de habitantes al final del período de diseño por unidad de área ocupada. El cálculo se hará de acuerdo con lo indicado en el numeral 2.3.

2.6.1 Caudal promedio diario

El caudal promedio diario se calculará con una contribución mínima de 150 litros diarios por habitante. En cada caso se harán estimaciones con el fin de establecer si es justificable la adopción de un caudal mayor que el arriba anotado.

2.6.2 Infiltración

Para la estimación del caudal de infiltración que entra a las alcantarillas, se tomará en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad de las tuberías, la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas usadas en las tuberías y la calidad de mano de obra con que se contará durante la construcción. En el caso más favorable, se considerará que hay un caudal de infiltración de 12,000 litros diarios por kilómetro de tubería. Para este fin, la longitud total de tubería incluirá además de las líneas principales, la suma de los tramos de las conexiones domiciliarias desde la caja de registro hasta su empotramiento en la línea principal.

2.6.3 Caudal de diseño

El caudal con que se diseñará cada tramo del sistema sanitario será la suma de: a) Caudal máximo de origen doméstico; b) Caudal de infiltración; c) aguas de origen industrial y comercial según las condiciones particulares de estos establecimientos.

2.7 Diseño de secciones y pendientes

2.7.1 Cálculo hidráulico

En general, se usarán en el diseño, secciones circulares de concreto funcionando como canales a sección llena.

El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendiente se hará aplicando la fórmula de Manning transformada al sistema métrico para secciones circulares así:

$$V = \frac{0.03429}{n} * D^{2/3} * S^{1/2}$$

en la cual:

V = velocidad del flujo a sección llena (m/seg.)

D = diámetro de la sección circular (pulgadas)

s = Pendiente de la gradiente hidráulica (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning o Kutter

= 0.015 para tubos de 24" y menores

= 0.013 para tubos mayores de 24"

Cada tramo se calculará con el caudal que tenga en su extremo más bajo.

2.7.2 Diámetros mínimos

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios, combinados y de tormenta será de 6 pulgadas.

En las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 4 pulgadas.

2.7.3 Velocidades Mínimas y Máximas

La velocidad máxima a sección llena será de 3.00 m/seg.

La velocidad mínima será de 0.40 m/seg.

En sistemas combinados deberá comprobarse al funcionamiento de la sección llena en época seca cuando el sistema funcione sólo con el caudal de aguas servidas, a parcialmente fin de mantener las velocidades dentro de lo límites arriba anotados.

2.7.4 Profundidad de las tuberías

La profundidad mínima del coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno será de 1.20 metros.

Cuando la altura del coronamiento de la tubería principal resulte a una profundidad mayor de 3.00 metros bajo la superficie del terreno, se diseñará una tubería auxiliar sobre la principal para percibir las conexiones domiciliarias del tramo correspondiente.

2.8 Obras accesorias

2.8.1 Pozos de Visita

Se diseñarán pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos:

- a) *En cambios de diámetro*
- b) *En cambios de pendiente*
- c) *En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24 pulgadas.*
- d) *En las intersecciones de dos o más tuberías.*
- e) *En los extremos superiores de ramales iniciales.*
- f) *A distancias no mayores de 100 m. En línea recta en diámetros hasta de 24 pulgadas.*
- g) *A distancias no mayores de 300 metros. en diámetros superiores a 24 pulgadas.*

La diferencia de cotas invert entre las tuberías que entran y a la que sales de un pozo de visita será como mínimo de 0.03 m.

Cuando el diámetro interior de la tubería que entra a un pozo de visita sea menor que el diámetro interior de la que sale, la diferencia de cotas invert, será como mínimo, la diferencia de dichos diámetros.

Siempre que la diferencia de cotas invert entre la tubería que entra y la que sale de un pozo de visita sea mayor de 0.70 m., deberá diseñarse un accesorio especial que encause el caudal con un mínimo de turbulencia.

3. PROYECTO

3.1 Contenido

El proyecto completo de un sistema de alcantarillado constará de las siguientes partes:

- a) *memoria é informes técnicos*
- b) *planos*
- c) *lista de materiales*
- d) *computo métrico y presupuesto*

3.1.1 Memoria e informes técnicos

La memoria descripción e informe técnico del proyecto contendrá lo siguiente:

- a) *Breve descripción de los datos geográficos, políticos económicos y sociales de la población.*
 - b) *Condiciones sanitarias actuales*
- c) *Causas que justifican la necesidad de construir el proyecto en referencia, y resultados que se esperan lograr.*
 - d) *Breve descripción de la obra proyectada.*
 - e) *Bases de diseño adoptadas.*

- f) *Plan de trabajo propuesto por el proyectista, indicando el orden que se debe seguir al acometer la construcción y si fuere el caso, distribución de la ejecución de la obra en dos o más etapas.*

3.1.2 Planos

El proyecto contendrá un juego de planos con las siguientes dimensiones: 88 cm. De largo por 58 cm. De ancho con un márgen de 1 cm. En sus bordes superior, inferior y derecho; y de 3 cm. En su borde izquierdo.

En la esquina inferior derecha tendrán un cuadro de 12 cms. Por 8 cm. El que contendrá la información que permita identificar con claridad lo siguiente: Identificación del departamento de Acueductos y Alcantarillados y de la Dirección General de Obras Públicas; población de que se trata; personal responsable de su diseño, dibujo, revisión y aprobación; escalas, fecha y su número de hoja.

Todos los planos serán dibujados a tinta china en papel calco de buena calidad.

Cada plano contendrá un número de identificación en forma de quebrado en el cual el numerador será el número de orden y el denominador, el número total de planos de que consta el proyecto.

El proyecto completo contendrá los siguientes planos:

- a) *Plano de localización de la población en la república.*

- b) *Plano topográfico de la población con curvas de nivel a cada metro. En este plano deben aparecer las estaciones de tránsito con su respectivo número de identificación y cota. Asimismo, deben indicarse todas las marcas de nivelación (bench marks) con su respectiva número de identificación y su cuadro aparte, la descripción de las mismas.*
- c) Plano de densidad de población en que cada vivienda esté representada por un rectángulo y todos los otros edificios é instalaciones con su respectivo rótulo de identificación.
- d) *Plano de planta general del sistema de alcantarillado, dibujado a la misma escala que los planos topográficos y densidad de población. Este plano, a su vez, servirá como índice de los planos parciales, representando por una línea punteada la parte que abarca cada uno de ellos.*
- e) *Planos parciales de planta-perfil, en los cuales se dibujarán a una escala ampliada las diferentes partes en que se haya dividido el plano general. Las escalas horizontal y vertical seleccionadas serán tales, que permitan representar con toda claridad la información necesaria para la construcción del sistema. Los perfiles correspondientes a cada uno de los tramos de la planta, deben aparecer siempre completos y en la misma hoja.*
- f) Planos de detalles con todas las obras accesorias y estructuras especiales.

3.1.3 Lista de materiales

Se elaborará una lista que describa detalladamente los materiales necesarios para la ejecución de los trabajos. Esta lista debe describir todos los materiales

tal y como serán ordenados por el Jefe de la obra, con indicación de las especificaciones que dichos materiales deben llenar.

3.1.4 Cómputo métrico y presupuesto

El presupuesto será elaborado basándose en el cómputo métrico de materiales y mano de obra a emplear en la construcción del sistema. Para las diferentes partes de que constará la obra se presupuestará por separados y en forma detallada lo siguiente:

- a) *Materiales Nacionales*
- b) *Materiales Importados*
- c) *Mano de Obra*
- d) *Transporte*
- e) *Administración*
- f) *Imprevistos*
- g) *Supervisión*

Además del presupuesto detallado, se elaborará un resumen que contenga los costos totales presupuestados de cada uno de los renglones anteriores y además:

- h) *Costo total del proyecto*
- i) *Costo de cada una de las etapas en que se propone la ejecución de los trabajos.*
- j) *Costo por habitante.*

Fuente: Morasso Gonzales, Rodolfo. Normas generales para el diseño de redes de alcantarillado. Guatemala, 1967.